



BIBLIOTECA CIENTÍFICO-LITERARIA

LIBRO XXVI

MINERALOGÍA, GEOGNOSIA

Y GEOLOGÍA

EL LIBRO DE LA NATURALEZA

ELEMENTOS

DE

MINERALOGIA,

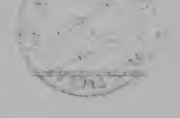
GEOGNOSIA Y GEOLOGIA

POR FEDERICO SCHOEDLER

TRADUCIDOS

por el Dr. Antonio Machado y Nuñez

Catedrático de Historia Natural de la Universidad de Sevilla.



SEVILLA
Administracion
[illegible]
LERENA 8.

MADRID
Libreria de Victoriano Suarez
JACOMETREZO 72.

FRANCISCO ALVAREZ Y C.ª, impresores de Cámara de S. M. y de SS. AA. RR. los Sermos. Sres. Infantes Duques de Montpensier.
Tetuan, 24.

DOS PALABRAS AL LECTOR

Estos elementos, cuyo mérito está reconocido por los más eminentes naturalistas, forman parte de la obra que, con el título El Libro de la Naturaleza, *ha dedicado á los amigos de la Ciencia y á las Bibliotecas populares Federico Schoedler, Director de la Escuela industrial de Maguncia.*

Todos los distintos ramos que abraza este precioso libro, se hallan perfectamente desarrollados en brevísimos compendios, que nada dejan que desear á los hombres científicos más exigentes, por lo que no vacilamos en encarecer su utilidad para los establecimientos de enseñanza. La juventud encontrará en este resúmen todos los datos y fundamentos indispensables para el estudio sério de la Mineralogía, Geognosia y Geología, y con su repetida lectura podrá adquirir fácilmente y en breve tiempo el conocimiento de esta Ciencia con sus últimos adelantos. Mas no solamente es útil El Libro de la Naturaleza *para los escolares, sino tambien para*

aquellos hombres inteligentes que, aunque dedicados á otros trabajos científicos ó literarios, gustan de seguir el progreso de la civilizacion en todas sus esferas.

Este libro, por último, está llamado á desterrar del vulgo las falsas interpretaciones que corren acerca de los fenómenos de la naturaleza, cuyas verdaderas causas explica con la sencillez y claridad propias de toda obra verdaderamente científica.

De la importancia y favorable acogida que ha tenido en Europa el compendio que hoy ofrecemos al público, dá innegable testimonio el haberse publicado de él diez y ocho ediciones en Alemania y otras tantas en Francia. La última, ó sea la décima-octava, nos ha servido para esta traduccion, que, ajena á toda clase de pretensiones, dedicamos á la juventud inteligente y estudiosa, seguros de que, en último término, de sus adelantos depende el porvenir científico de nuestra pátria.

El Traductor.

MINERALOGÍA

1. La Mineralogía es la ciencia que se ocupa en el estudio de los cuerpos naturales, homogéneos en su masa; estos cuerpos se llaman *minerales* (1).

Decimos que son homogéneos en el sentido de que todas sus moléculas son idénticas entre sí. Jamás presentan partes especiales, conocidas con el nombre de *órganos*, que en las plantas y los animales desempeñan las funciones necesarias para la existencia de un cuerpo vivo; por cuya razon, se conocen tambien los minerales

(1) Agassiz (Luis), *Etudes sur les glaciers et Nouvelles Etudes sur le glaciers*, 2 vol. con atlas, 1840, 1847.

Beudant (F.-L.), *Mineralogie, Geologie*, con figuras, París, 1869.

Bronn, *Lethæa geognostica*, 3.ª ed., con atlas.

Descloiseaux (A.) *Manuel de mineralogie*, 1.ª parte, 1 vol. con atlas.

Lambert (Edm.), *Nouveaux Elements de geologie*, 2.ª ed., con grabados.

Leonhard (C.-C.-de), *Geologie des gens du monde*, tr. del aleman por P. Grimblot y Toulouzan, 2 vol. Stuttgard, 1839.

Leymerie (Alex.), *Cours de mineralogie*, 2 vol. con fig., 2.ª ed., 1868.

— *Elements de mineralogie et de geologie*, 2.ª ed., 1867.

Lyell (Ch.) *Elements de Geologie*, trad. del inglés por Ginestou, 2 vol.

Omalius d'Halloy (F.-F.-d'), *Precis elementaire de geologie*, 8.ª ed. con mapas y grabados, 1868.

Orbigny (Ch. d'), *Geologie appliquée* aux arts et á la agriculture, 1851.

Pictet (F.), *Traite de Paleontologie*, 2.ª ed., 4 vol. con atlas, 1857.

con el nombre de *cuerpos inorgánicos*. De lo dicho se deduce que, para el estudio general de estos cuerpos, es indiferente que el mineral examinado sea de grande ó de pequeño volúmen. Un pedazo de arenisca del tamaño del puño, dá una idea tan exacta de sus propiedades particulares, como podria darla una montaña de igual naturaleza. Un cristal de roca de un milímetro de largo, no es ménos perfecto que otro de diez centímetros.

2. La *Química* nos enseña que la masa entera de la tierra se compone de sesenta y siete cuerpos simples ó elementos; pero en virtud de las afinidades químicas que les son inherentes, forman entre sí combinaciones muy diversas, y rara vez se ofrecen en el estado de cuerpos simples. Considerada bajo este punto de vista, la Mineralogía seria sólo la ciencia de los compuestos químicos que se encuentran en la naturaleza, y en parte, esto es lo que realmente debe ser. En nuestro tratadito de Química, hemos dado á conocer algunas de estas combinaciones químicas naturales, apuntando ligeramente otras.

Pero en el vasto taller de la naturaleza, los elementos y sus combinaciones no sufren únicamente la accion de la afinidad química, sino que, además de ella, trabajan simultánea ó posteriormente otras muchas fuerzas ó influencias, provinientes de séries de formas mineralógicas que, bajo el punto de vista puramente químico, no podrian comprenderse ni explicarse en sí mismas, ni en sus relaciones con otros cuerpos inorgánicos.

3. Segun lo expuesto, los minerales pueden dividirse en dos clases principales, muy fáciles de distinguir una de otra. Los de la primera clase presentan todos los caractéres de las combinaciones químicas perfectas, que se manifiestan como tales, principalmente por su composicion bien definida y su forma cristalina. Estos cuer-

pos se llaman minerales verdaderos ó simples, y la ciencia que se ocupa de ellos, Mineralogía en sentido restringido, ú *Orictognosia.*

La segunda clase, por el contrario, posée caractéres esencialmente diferentes; pues, ó son mezclas de minerales simples, fáciles de reconocer, ó bien, si su composicion química los aproxima á los primeros, no tienen una forma cristalina perfectamente desarrollada; por lo que no se encuentran como individualidades aisladas, sino en masas lo bastante grandes para llamar nuestra atencion. Se les conoce con el nombre de *minerales compuestos, piedras ó rocas;* y como importa estudiarlos, no sólo en sí mismos y en su orígen y modo de formacion, sino tambien en sus relaciones entre sí y con el globo terrestre entero, constituyen la segunda parte de la ciencia, que se llama *Geología.*

ORICTOGNOSIA

Ó CIENCIA DE LOS MINERALES SIMPLES

---

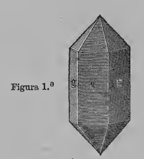
4. El primer servicio que se exije á la Mineralogía, es la enseñanza de medios ciertos para reconocér los minerales y definirlos como especies particulares. En todos tiempos se ha hecho uso de diversos caractéres propios para distinguirlos y clasificarlos, que son: 1.°, la *forma;* 2.°, las *propiedades físicas;* 3.°, las *propiedades químicas.* Antes de proceder á la descripcion de estos medios, es necesario fijar bien el valor de los caractéres que se emplean con este objeto.

I.—Forma de los minerales

5. La Física y la Química nos enseñan que las moléculas que entran en combinacion, atrayéndose y agrupándose en direcciones determinadas, producen cuerpos regulares, llamados *cristales.*

Como un mismo mineral toma siempre una forma cristalina particular, esta circunstancia constituye seguramente un carácter distintivo muy importante; pero ¡cuánta diversidad existe en estas formas cristalinas! La

más ligera mirada sobre una coleccion de minerales, descubre al instante centenares de formas diversas. Sin embargo, todas ellas pueden, á pesar de su variedad, referirse á seis *formas típicas* (ó tipos), las cuales constituyen, con las variedades que de ellas se derivan, seis grupos ó sistemas cristalinos, cuyo estudio se llama *cristalografía.*


Figura 1.ª

6. Existe admirable regularidad en las formas cristalinas producidas por la naturaleza, como lo muestra, por ejemplo, la figura 1.ª, que representa un mineral llamádo *cristal de roca,* compuesto de ácido silícico. En él se reconoce un prisma exagonal regular, terminado, en cada uno de sus dos extremos, por una pirámide de seis caras. Las dos caras adyacentes del prisma de este cristal se cortan siempre bajo un ángulo de 120 grados, y las dos de la pirámide bajo un ángulo de 130°-44'. Podriamos agregar otros muchos ejemplos de semejante regularidad de forma; sin embargo, hay frecuentemente cristales donde no existe esta perfeccion, habiendo sido trastornada más ó ménos la regularidad de la forma, ya por obstáculos naturales que impidieron al cristal desenvolverse en ciertas direcciones, como sucede á menudo cuando está unido á la roca, ya por causas diversas que parecen haber obrado al acaso para producir desviaciones

de la verdadera forma. La fig. 2.ª muestra en el cristal de roca una deformacion de este género; pero áun en los ejemplares deformados se reconoce la ley fundamental

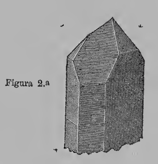


Figura 2.ª

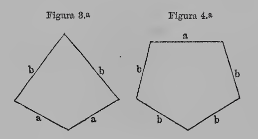
de su forma cristalina, pues en el cristal de roca los ángulos diedros conservan los valores que hemos indicado ántes.

En el estudio de los cristales se prescinde de estas irregularidades eventuales en su desenvolvimiento, para atenerse á la forma cristalina considerada en su perfeccion, más ó ménos ideal.

7. El cristal es un poliedro geométrico, limitado por *caras planas*, que se unen formando *aristas* y *ángulos*, y constituyen con estos lo que se llama *elementos de delimitacion*.

Todo cristal tiene, por lo ménos, cuatro caras, cuatro ángulos sólidos y seis aristas, pero la mayor parte tienen un número más considerable de éstos elementos. Las caras varían mucho, segun el número y tamaño de sus lados y ángulos. Se encuentran el triángulo regular, el cuadrado y el losanje; pero muchas veces hay triángulos ó cuadriláteros irregulares, como el trapecio y el deltoides. Este último (fig. 3.ª), es bastante notable con

las caras *bb* y *aa* iguales entre sí. Es singular que los cristales no presenten jamás el triángulo, rectángulo ni el pentágono regular, pero en cambio ofrecen el pentágono simétrico (fig. 4.ª), con cuatro lados iguales *b* y un quinto desigual *a*.



Los elementos de delimitacion se llaman tambien *equivalentes* ó *correspondientes*, cuando son semejantes en todos sus puntos y se encuentran á la misma distancia del *centro* del cristal. Si dirigimos por este centro líneas que terminen en los elementos de delimitacion opuesta, sea en dos ángulos, sea en los medios de dos caras ó de dos aristas, las caras del cristal tendrán, con respecto á estas líneas, una posicion simétrica. Se llaman estas líneas *ejes* del cristal, y se toman por base en la descripcion y clasificacion de las formas cristalinas. Las relaciones de la mayor parte de los cristales se determinan por medio de tres *ejes;* sin embargo, hay una série entera de cristales que posee cuatro. Se llaman *secantes* los planos que se hacen pasar por el centro en cuestion, y *secantes principales* los que pasan por dos ejes.

8. En la fig. 5.ª vemos el octaedro regular: tiene ocho caras, seis ángulos sólidos y doce aristas. La fig. 6.ª muestra el sistema de ejes que sirve de base á esta forma cristalina: estos ejes son las tres líneas *ac*, *bd* y

fg, iguales entre sí y cortándose en su centro *m* en ángulo recto, componiendo así lo que se llama la *cruz de ejes*, que nuestro diagrama no representa sino imperfectamente, porque el eje *fg* está recortado. Para estudiar las relaciones de las partes, se puede confeccionar un modelo ó esqueleto de este poliedro, por medio de varillas delgadas de madera ó de hilos de hierro; y si

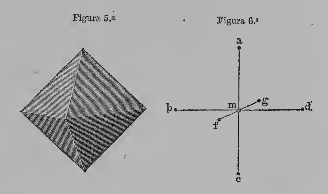


Figura 5.ª   Figura 6.ª

nos figuramos las extremidades de esta cruz de ejes reunidas por líneas (lo que se puede realizar sobre el modelo extendiendo hilos), éstas representan entónces las aristas del octaedro, que forman, como se vé, ocho triángulos iguales y equiláteros. Todos los ángulos sólidos de este octaedro son perfectamente iguales entre sí, y vienen á constituir la forma típica del sistema cristalino regular.

Sin dificultad se comprende que esta regularidad desaparece en cuanto se verifica el menor cambio en la longitud de uno ó de muchos ejes, ó bien en los ángulos del centro.

Cuando se estudia una forma cristalina, se dá á uno de sus ejes la posicion vertical, en cuyo caso recibe el nombre de *eje principal*. Siendo en el sistema regular

iguales los tres ejes, puede tomarse cualquiera de ellos por principal, y los otros se denominan entónces *ejes secundarios*. Así, en la fig. 6.ª, *ac* es el eje principal, y *bd* y *fg*, los secundarios. En los otros cinco sistemas, donde se hallan ejes desiguales, se elije ordinariamente como principal el más grande ó el más pequeño de los secundarios. Estos últimos se encuentran en un plano que se denomina *base* ó *plano fundamental* del cristal.

Para completar la nomenclatura de los *elementos de delimitacion* de un cristal, debemos advertir que se llaman *fases laterales* las que son paralelas al eje principal, y fases *culminantes* ó *terminales*, las que terminan en las extremidades de éste: las caras paralelas á un mismo eje constituyen juntas una *zona*. La línea de union de dos caras se llama arista, y el ángulo que resulta, *diedro* ó de *arista*. Las aristas *culminantes* concurren en los vértices del eje y constituyen los *ángulos terminales*; las *laterales* son paralelas al eje principal; las otras pueden ser consideradas como aristas secundarias.

9. Se distinguen en los cristales *formas simples*, que poseen caras de la misma especie, y *formas compuestas*, cuyas caras son desemejantes y pertenecen á dos ó más formas. Estas últimas se llaman tambien *combinadas* ó *derivadas*, y resultan de las formas tipos cuando ciertas partes de éstas se suprimen segun leyes determinadas. Estas modificaciones se verifican por la truncadura de los ángulos y de las aristas, ó bien por su apuntamiento, ó por la formacion de biseles. Las figs. 7.ª y 9.ª muestran la truncadura de los ángulos y la de las aristas en el octaedro. Si en los dos casos se prosigue la truncadura hasta la desaparicion total de las caras del octaedro, se obtendrá, por un lado, el *cubo*, y por el otro, el *dodecaedro romboidal* (fig. 10), que es una de las más bellas formas cristalinas.

Se reconoce tambien por la fig. 7.ª que, si los planos de truncadura van ensanchándose hasta cortarse entre sí, se produce el cubo (fig. 8.ª). Este y el romboedro son,

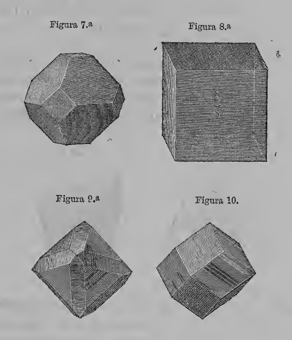


Figura 7.ª

Figura 8.ª

Figura 9.ª

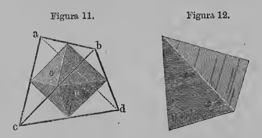
Figura 10.

por consecuencia, formas simples, derivadas del octaedro regular, y pertenecen al sistema de este nombre: al mismo tiempo, la fig. 7.ª representa una combinacion del octaedro y del cubo. Si, al contrario, truncamos los ocho ángulos del cubo, se produce un octaedro.

No es fácil concebir todas las modificaciones de que aquí se trata, pero serian muy evidentes si se construyesen en jabon, en una patata ó en otra materia semejante las diversas formas cristalinas, y se practicasen en ellas las secciones que se acaban de indicar. Pueden hacerse tambien experiencias de este género en ciertos minerales, y fácilmente se consigue obtener con golpes de martillo

un octaedro de un cristal cúbico de *espato fluor*; pues la extructura interior de los minerales corresponde á estas relaciones de su sistema cristalino, de suerte que se dividen más fácilmente en ciertas direcciones, que se llaman *junturas hojosas* (de clivaje) (1).

10. Todo octaedro puede considerarse como una doble pirámide de cuatro panes. Si suponemos que en el octaedro (fig. 11) la cara *o* y su opuesta en la pirámide superior se prolongan en todos sentidos, forzosamente se



encontrarán y cortarán en la arista *b;* y si suponemos que se verifica lo mismo simultáneamente en la cara *n* y en su correspondiente de la pirámide inferior, estas cuatro caras, aumentando de extension, se cortarán en las seis aristas *ab*, *ac*, *ad* y *bc*, *cd*, *db*, para formar una pirámide de tres panes (fig. 12), que se llama *tetraedro*.

Las formas derivadas de esta manera se llaman *hemiedras*, en oposicion á las enteras ú *holoedras*.

11. Todos los nombres de las formas cristalinas tienen por etimología la palabra griega ἕδρα, que significa base ó cara, á la que se juntan términos numéricos,

(1) Los autores españoles usan comunmente la palabra *crucero*, que nosotros sustituimos por la de *clivaje*, más generalizada y que nos parece expresa mejor el concepto. (*N. del T.*)

griegos igualmente, que designan el número de caras. Citaremos como ejemplos: *tetraedro* (de cuatro caras), *exaedro* (de seis), *octaedro*, *dodecaedro* (de ocho y doce caras). Se agrega muchas veces á la palabra así formada la mencion de la figura de las caras del cristal, por ejemplo: dodecaedro *pentagonal*, dodecaedro *romboidal*. Sin embargo, algunas veces se emplean palabras más cortas, tomadas de la estereometría; así se dice casi siempre *cubo*, en lugar de exaedro. Tambien acontece que se toma el nombre de algun mineral que presenta de una manera característica la forma que se quiere designar: decimos, por ejemplo, *granatoedro*, por *dodecaedro romboidal*, porque el granate tiene esta última forma cristalina.

Para abreviar aún más la expresion de la forma de los cristales, se emplean tambien ciertos *signos*. Se indica desde luego la relacion mútua de los ejes de una forma dada, por letras, y se ha convenido que una cruz formada por éstas, determine la posicion de las caras del cristal. Recordemos que el octaedro regular posée tres ejes iguales que se cortan en ángulo recto, y cada una de sus caras divide á cada uno de los ejes en un punto: si suponemos, pues, uno de los ejes igual á a, cada uno de los otros será tambien igual á a, y por lo tanto estarán en una relacion de $a = a = a$. El octaedro regular se expresa, pues, por la fórmula $a : a : a$, que sin embargo se reemplaza por el signo más breve O.

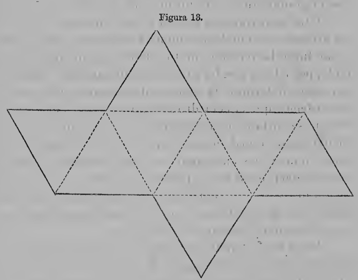
En el cubo se halla en verdad la misma relacion de los ejes, pero las extremidades de estos se encuentran en el centro de sus caras. Esto consiste en que cada cara del cubo no corta más que uno sólo de los ejes, y no dividiría á los otros sino á una distancia infinita, es decir, que la cara es paralela. Por esta causa se coloca el signo del infinito (∞) delante de los ejes que no se tocan por las caras del cristal. El cubo toma, por consecuencia, la fórmula : $a : \infty a : \infty a$, ó el signo $\infty O \infty$.

En los sistemas de ejes desiguales, se designan éstos por letras diferentes, y se agregan coeficientes para los ejes principales y los ejes secundarios.

Las *hemiedras* se representan en forma de fracciones: $\frac{0}{2}$ es la *hemiedra* del octaedro, es decir, el tetraedro.

12. Para facilitar el estudio de la cristalografía, se ha recurrido desde luego á figuras; pero es difícil representarlas de una manera satisfactoria, puesto que no puede evitarse en los diseños que ciertas partes se encojan y que otras, principalmente las caras posteriores, permanezcan ocultas. Por esto se ha renunciado en gene-

Figura 13.



ral á expresar por medio del claro-oscuro el relieve de los poliedros cristalinos, y se los representa más bien como cuerpos perfectamente trasparentes, señalándose las aristas de las caras posteriores por líneas puntuadas. El eje principal, en el trazo de estas figuras, se coloca en posicion vertical; se dirije un eje secundario por

el lado que mira al espectador, inclinándolo un poco hácia la izquierda, y se diseña entónces la forma conforme á las reglas de la proyeccion. Segun estas mismas reglas se traza tambien lo que se denomina *redes cristalográficas*. La fig. 13 muestra la red del octaedro. Una vez extendida esta red sobre un carton blanco, se marca en éste el lugar de los ángulos por medio de picaduras de alfiler, y despues se dibuja fácilmente con líneas rectas toda la figura. Hecho esto, se corta el carton por las líneas contínuas de parte á parte, miéntras que por las líneas puntuadas no se corta sino á medias. De este modo resultan ocho triángulos, que deben ajustarse y pegarse por los cantos para tener un *modelo* del cristal octaedro. Ciertas obras de Mineralogía contienen gran número de estas redes de cristales; y las librerías clásicas ofrecen tambien colecciones más ó ménos completas de modelos de cristales en madera, carton, papel mascado y hasta en vidrio.

Importa para la determinacion de un cristal tomar la medida de sus ángulos diedros. En los cristales de alguna magnitud se miden estos ángulos por la aplicacion de un *goniómetro* llamado *de mano*, empleándose en los cristales muy pequeños el *goniómetro de reflexion*.

13. Hasta fines del siglo XVIII los cristales no han sido objeto de un estudio científico. Un francés, el abate Haüy, fué el primero que estableció un sistema de cristalografía; y despues de él, este ramo de la ciencia ha sido notablemente perfeccionado por los trabajos de los mineralogistas alemanes, entre los cuales debemos citar especialmente á *Weiss*, *Mohs*, *Rose*, *Naumann* y *Hausmann*. El sistema generalmente adoptado hoy dia es el de *Weiss*, que, sin embargo, para la nomenclatura ó designacion de las formas cristalinas, ha sido modificado y completado en más de un punto.

Reseña de los sistemas cristalinos.

14. A. *Sistemas de base horizontal.—a. Tres* ejes cortándose todos por el medio y en ángulo recto.

1. *Todos* los ejes son iguales.—*Sistema cristalino regular, ó sistema cúbico.*

2. *Dos* ejes solamente son iguales.—*Sistema tetragonal.*

3. Los *tres* ejes son desiguales.—*Sistema rómbico.*

b. Cuatro ejes: tres ejes secundarios é iguales se cortan en ángulos de 60 grados y son paralelos al eje principal, que es mayor ó menor que ellos.

4. *Sistema exagonal.*

B. *Sistemas de base oblicua.*—Los *tres* ejes son desiguales: uno ó los dos ejes secundarios cortan el principal en ángulo oblicuo.

5. *Dos* ejes se cortan en ángulo oblicuo y á su vez son cortados en ángulo recto por el eje principal.—*Sistema clinorómbico.*

6. *Todos* los ejes se cortan en ángulo oblícuo.—*Sistema clinoromboidal.*

15. *El sistema cristalino regular* ofrece la mayor variedad de formas. Como ejemplos, citaremos algunas de las más importantes acompañándolas de sus signos, é indicando algunos minerales conocidos que cristalizan en estas formas:

El *octaedro*, O (fig. 14) (hierro magnético, alumbre, cobre oxidulado, salmiac, rubíespinela, spato fluor);—el *cubo* ó *exaedro*, ∞ O ∞ (fig. 15) (galena, spato fluor, sal marina, pirita amarilla ó marquesita). Una *combinacion* de estas dos formas que se encuentra en la pirita de co-

balto, está representada en la fig. 7. La fig. 16 muestra esta combinacion en equilibrio, O ∞ O ∞, tal como se ha-

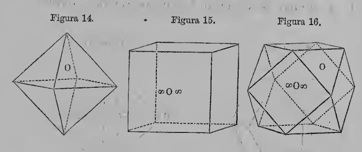


Figura 14. Figura 15. Figura 16.

lla en la galena y nitrato de plomo.—El *dodecaedro romboidal*, ∞ O (fig. 17) (granate). La *combinacion* con el octaedro se vé en la fig. 9, y se observa en el alumbre y cobre oxidulado.—El *icositetraedro*, poliedro de veinticuatro caras *deltoideas*, llamado tambien *trapezoedro* ó *leucitoedro*, 202 (fig. 18) (la leucita y la analcima). El *tetraedro*, $\frac{O}{2}$

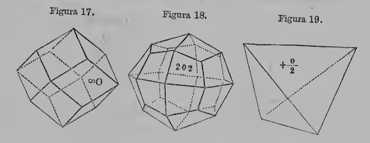


Figura 17. Figura 18. Figura 19.

(fig. 19), y várias de sus combinaciones se producen muchas veces en la panabasa y boracita. El *dodecaedro pentagonal* (fig. 20) $\frac{2O\infty}{2}$, es la forma hemiédrica del cubo piramidal, que se encuentra rara vez (piritas de hierro y de cobalto).

16. La forma tipo del *sistema tetragonal* es el *octaedro de base cuadrada* (fig. 21), que se compone de dos pi-

rámides y se designa por la marca P. Se parte aquí de un octaedro cuyo eje principal está tomado como igual á 1, y al cual se refieren los octaedros más obtusos ó

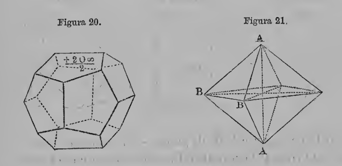


Figura 20. Figura 21.

agudos (figs. 22 y 23), cuyos ejes principales son más cortos ó más largos que 1, sin dejar de estar siempre en relacion simple y racional con aquel; sus signos son por consecuencia $\frac{m}{1/2}$ P y $\frac{m}{2}$P. Ejemplos de la forma

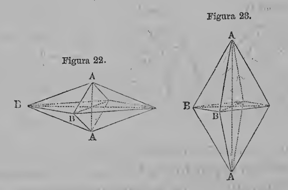


Figura 22. Figura 23.

típica se encuentran en dos óxidos de manganeso, la hausmannita y la braunnita.

Si nos figuramos un octaedro de base cuadrada y cuyo eje principal sea indefinidamente largo, los ángulos diedros de la base de las dos pirámides serán iguales

á O; de donde resulta la *columna cuadrada*, ∞ P (fig. 24), ó *prisma* de *base cuadrada*, cuyas caras laterales son paralelas al eje principal. Como estas caras no se juntan superior ni inferiormente, producen lo que se llama *forma cristalina abierta*, que no puede completarse ni limitarse sino por la accesion de caras combinadas. Pero el eje principal puede, por su parte, ser indefinidamente acortado, es decir, ser igual á O, y de aquí resulta lo que se llama *cara terminal recta* ó *plan basilar cuadrado*, OP

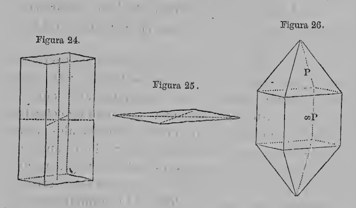
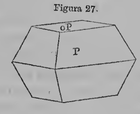


Figura 24. Figura 25. Figura 26.

(fig. 25); y es claro que semejante cara no puede ser única, sino que se encuentra á la vez en las dos extremidades de un cristal de este sistema (fig. 27).

Figura 27.



Se han observado, además, en ciertas formas cristalinas de este sistema, prismas en que no hay arista, como

en la fig. 24, que parezca estar dirigida hácia adelante, sino que lo está una de las caras: los ejes de estos prismas no terminan en las aristas, sino en los puntos medios de dos caras opuestas. Se les llama prismas cuadrados de *segundo órden*, y reciben el signo ∞ P ∞.

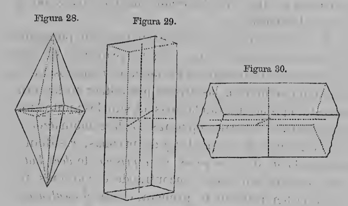
Se encuentran formas combinadas del sistema tetragonal en la casiterita ó mina de estaño, en la melita y la zircona, así como en el arseniato de potasa (fig. 26) y el prusiato amarillo de potasa (fig. 27).

Las hemiedras del octaedro de base cuadrada se llaman *esfenoides*, $\frac{P}{2}$, y se notan en la pirita de cobre.

17. El *sistema rómbico* tiene por forma tipo el octaedro romboidal, ó de base romba P (fig. 28), cuyos tres ejes son desiguales, pero perpendiculares entre sí. Como en el sistema precedente, se deriva de octaedros más agudos ú obtusos y de prismas romboidales, cuyas formas se designan de la misma manera. Pero como aquí todos los ejes son desiguales, es indiferente tomar cualquiera de ellos por principal; se elige en estos cristales el que tenga más caras paralelas. Al examinar estas formas, se coloca el eje principal verticalmente; el secundario más largo, ó la *macrodiagonal*, se coloca trasversal, mente delante del observador, y el secundario más corto, ó la *braquidiagonal*, queda dirigida hácia él. Una secante principal, pasando por la base y los ejes secundarios, es un rombo. Se distinguen en este sistema *prismas verticales*, ∞ P (fig. 29); y *prismas horizontales*, $\bar{P}$ ∞ (fig. 30); estos últimos, que tambien se llaman *domos*, se forman cuando la macrodiagonal trasversa es indefinida.

Se encuentran las formas del sistema rómbico en gran número de minerales y de combinaciones químicas: la forma típica, principalmente en el azufre; diversas combinaciones en la calkosina, pirita arsenical, sulfato de potasa, salitre, sulfatos de sosa y de barita, plomo

blanco ó celusa, aragonito, sulfatos de zinc y de magnesia, nitrato de plata, topacio, harmotoma, estaurótida y algunos otros.


Figura 28. Figura 29. Figura 30.

18. La forma tipo del *sistema exagonal* es el *dodecaedro exagonal*, ó la *doble pirámide* de *seis panes*, P (fig. 31).

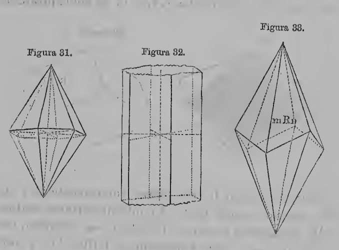


Figura 31. Figura 32. Figura 33.

Tambien aquí se distinguen, segun la relacion entre el eje principal y los secundarios, pirámides más agudas

ú obtusas; y por la prolongacion indefinida del eje principal se produce el *prisma exagonal*, ∞ P (fig. 32), que forma en combinacion con la pirámide un cristal de los más elegantes (fig. 1), observado muchas veces en el cuarzo y la apatita.

En este sistema se encuentran tambien pirámides y prismas de segundo órden. En las primeras, los ejes secundarios no terminan en los ángulos opuestos de la base, sino que dividen las aristas por mitad; en los prismas, estos ejes no enlazan las aristas, sino los puntos medios de las caras laterales opuestas. De la combinacion de estas dos clases de pirámides y de prismas, resultan la doble *pirámide* de *doce panes* y *el prisma* de *doce lados*. Ámbas formas son raras, encontrándose con más frecuencia la hemiedra de la primera, ó sea el *escalenoedro* (fig. 33), que ha recibido el signo *m* R *n*, á causa de su grande analogía con el *romboedro*. Esta forma hemiédrica, una de las más importantes de este sistema, se produce cuando las caras alternantes *r*, *t*, *u*, de la doble pirámide

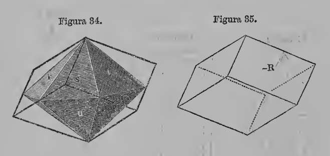


Figura 34. Figura 35.

(fig. 34), así como las tres caras correspondientes del lado posterior, crecen hasta el punto de cortarse mútuamente, resultando entónces el *romboedro* en cuestion, terminado por seis caras *romboidales*,—R (fig. 35), y esta forma se encuentra sobre todo en el espato calizo, ora aislada, ora en combinacion con otros poliedros.

Al sistema exagonal pertenecen los cristales de agua, del hierro oligisto, del hierro carbonatado, de la calamina, apatita, záfiro, nitrato de sosa, etc.

19. Las formas cristalinas del sistema *clinorómbico* se refieren á tres ejes desiguales, de los cuales dos se cortan en ángulos oblícuos, miéntras que el tercero es perpendicular á los otros dos. Sin embargo, no se elije este último por eje principal, sino uno de los ejes de ángulo oblícuo; porque, las más veces, los cristales se desarrollan en prismas en la direccion de uno de estos ejes. Si colocamos el eje elegido verticalmente, la seccion de la base, es decir, el plano que pasa por los ejes secundarios, queda inclinada oblícuamente sobre el eje principal, y la figura es romboidal.

Si, aplicando las caras sobre la cruz de los ejes de este sistema, construimos el octaedro llamado *pirámide clinorómbica*, $\pm$ P (fig. 36), obtenemos la forma típica ideal del sistema, la cual nunca se encuentra en los cristales. Sus elementos de delimitacion son muy diversos,

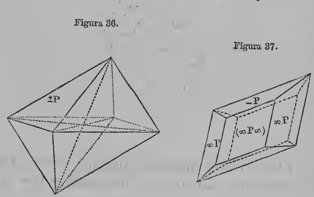


Figura 36.

Figura 37.

porque presenta tres especies de aristas y de ángulos y dos clases de caras, á saber: cuatro mayores y cuatro

menores, de suerte que semejante pirámide parece compuesta de dos *semi-pirámides*. Las formas cristalinas de este sistema son principalmente prismas clinoromboidales y domos ó prismas romboidales oblícuos, combinados con las caras de una media pirámide. Se encuentran en gran número de minerales y de combinaciones químicas, como en el yeso (fig. 37), sulfato de hierro (fig. 38), azú-

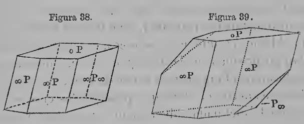


Figura 38. Figura 39.

car (fig. 39), sosa (fig. 40), feldespato, augita, anfibol y otros muchos.

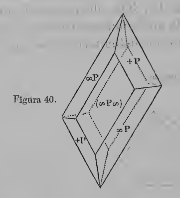


Figura 40.

El signo de la pirámide clinorómbica es ± P, porque la pirámide anterior está designada por + P, y la posterior por—P.

20. Como el *sistema clinoromboidal* posée tres ejes, que son todos desiguales y se cortan en ángulos oblícuos,

resulta gran irregularidad en sus formas cristalinas, que son por consiguiente difíciles de determinar, figurar y describir. Por otra parte, escasean mucho, y sólo citaremos, como ejemplo bastante conocido, el sulfato de cobre (fig. 41.)

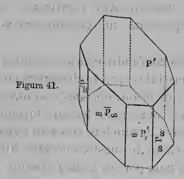


Figura 41.

21. Se llaman gemelos los cristales cuando dos de ellos se hallan soldados de cierta manera; por ejemplo, dos cristales reunidos por el mismo plano, de tal suerte que tengan entre sí y con la cara de soldadura una posicion simétrica. Pero entónces los cristales no llegan de ordinario á su desenvolvimiento completo, porque están

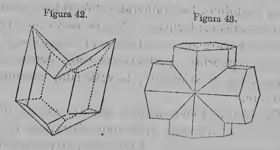


Figura 42. Figura 43.

en parte como engastados uno en otro; por consecuencia, el cristal gemelo presenta muchas veces el aspecto de un

cristal dividido en dos, con las mitades aplicadas una sobre otra, de manera semejante á un libro abierto por el medio y replegado hácia atrás hasta ponerse en contacto los planos de la cubierta. La fig. 42 muestra este caso tal como se encuentra en el yeso. Pueden tambien los cristales penetrar uno en otro y cruzarse, como en la fig. 43, que representa un gemelo cruzado de la *estaurótida*.

Es necesario no confundir con los cristales gemelos esos montones de cristales que se designan en Mineralogía con el nombre de *drusas* ó *geodas cristalíferas*. Cristales muy pequeños, sobre todo los que forman agujas y escamas, se presentan muchas veces en agrupaciones particulares; y ora están dispuestos en rádios apretados y reunidos formando bola por un centro comun, ora afectan formas muy diversas, entre las que distinguiremos aquí los cristales dispuestos en ramificaciones arbóreas, llamadas *dendritas*, y las cristalizaciones de hielo, cuyos ramos se ven en invierno en la superficie de los vidrios.

22. En principio, el mismo mineral, sea cuerpo simple, ó un compuesto químico de muchos cuerpos, cristaliza siempre en formas que pertenecen al mismo sistema cristalino. Los minerales diferentes que cristalizan en las mismas formas se llaman *isomorfos*, siendo la química la encargada de estudiar el *isomorfismo*. Como minerales isomorfos y pertenecientes al sistema rómbico, podemos citar el aragonito, la witherita, estroncianita, cerusa, etc.

Tambien hay cuerpos que afectan formas pertenecientes á dos sistemas cristalinos distintos, por cuya razon se llaman *dimorfos*. El *azufre* nativo cristaliza en disoluciones formando pirámides rómbicas, miéntras que todos los cristales que se producen por el enfriamiento de este cuerpo fundido son del sistema clinorómbico.

Se llaman *polimorfos* los cuerpos cuyos cristales se pueden clasificar en más de dos sistemas cristalinos, pero es muy raro encontrarlos.

El *pseudomorfismo*, ó la existencia de cristales pseudomórficos, constituye un fenómeno particular del reino mineral. Aquí la forma cristalina no corresponde á la composicion química del cuerpo. Estos cristales se pueden producir de diversas maneras; así, la *pirita de hierro* ó bisúlfuro de hierro, FeS^2, cristaliza en cubos y se transforma por descomposicion extremadamente lenta en *limonito* ú óxido de hierro hidratado, Fe^2O^3,HO, sin que se cambie en nada la forma primitiva, sin embargo de que este último cuerpo pertenece al sistema rómbico y no es dimorfo de ninguna manera. Otros pseudomorfismos tienen un orígen mecánico; tal sucede, por ejemplo, cuando cristales que se encontraban primero envueltos en una masa mineral endurecida, fueron separados de ella más tarde por un disolvente cualquiera, y al llenarse el molde hueco que quedó, de una sustancia extraña, tomó ésta, en lugar de su forma propia, la de los cristales desaparecidos.

Los cristales pseudomórficos se distinguen en que su extructura interna *(clivaje)* no corresponde á su forma exterior. El estudio de la pseudomórfosis es de suma importancia para la teoría de la formacion de las rocas, puesto que su existencia nos revela ciertas reacciones químicas que se verifican en las materias componentes de estas sustancias.

23. Hemos indicado yá en el párrafo 6.°, que los cristales no se desenvuelven sino rara vez de una manera perfectamente regular; y en efecto, los minerales presentan muchas veces *formas cristalinas imperfectas*. Ya ciertas caras se ensanchan considerablemente á expensas del resto, ya muchas caras se acumulan ó penetran unas en

otras; en una palabra, la cristalizacion es, en general, tan imperfecta que, aunque exista evidentemente, es sin embargo imposible distinguir en ella formas cristalinas determinadas. Este caso se designa con el nombre de *estado cristalino*. Los minerales cristalinos se presentan en agrupaciones de pequeños cristales imperfectamente desarrollados, las cuales pueden ser granulosas, planas ó alargadas, y se designan con los nombres fácilmente inteligibles de *granos gruesos* ó *finos*, *hojas*, *pajillas*, *escamas*, *dardos*, *filamentos aciculares* ó *capilares*, etc.; siendo un hecho singular que las formas del sistema regular no se presenten sino raramente en estado de hojas ó de dardos. A veces el estado cristalino no puede reconocerse sino con ayuda de la lente ó del microscopio, habiéndose dado la denominacion de *micrólithos* á las agujas cristalinas de extremada pequeñez que el microscopio descubre en láminas muy delgadas y pulimentadas sacadas de minerales que parecen no tener extructura cristalina, tales como, por ejemplo, los que forman la pasta de los traquitos y de los porfidos. Pero cuando los cristales toscos no presentan estructura cristalina alguna, decimos que el mineral se halla no cristalizado ó compacto. Así, por ejemplo, el carbonato de cal se presenta perfectamente cristalizado en la forma de *espato calizo*, en estado cristalino en el *mármol*, y en estado no cristalizado ó compacto en la *creta*.—Otro de los vicios que á veces presentan los cristales, consiste en que la superficie de algunas caras es estriada ó áspera al tacto.

II.—Propiedades físicas de los Minerales.

24. Como la forma no siempre basta para determinar un mineral, se ha recurrido á otros caractéres, especialmente á la *coherencia*, *densidad* y *color* de los mine-

rales, así como á sus propiedades *ópticas*, *eléctricas* y *magnéticas*. Estos caractéres constituyen el grupo de las *propiedades físicas* del mineral.

25. *Coherencia.*—Hay muy pocos minerales que sean líquidos ó blandos; la gran mayoría es sólida, y en estos cuerpos se debe considerar principalmente el *clivaje* ó *crucero*, la *fractura* y la *dureza*.

Un mineral es *clivable* cuando tiene forma cristalina; porque, en este caso, sus partes están dispuestas en capas planas y paralelas, de manera que poseen ménos coherencia en cierta direccion que en toda otra, al modo casi de la madera, que es más fácil de hender en el sentido de su longitud que al través. Se observan diferencias en la clivabilidad de los minerales cristalizados, siendo uno de los más fáciles de clivar la mica, que se deja hender en láminas sumamente delgadas. Por el clivaje se obtienen siempre láminas más ó ménos planas.

La *fractura*, ó la superficie de fractura, aparece cuando se rompe con violencia un mineral no clivable ó compacto, ó bien cuando uno clivable se rompe en el sentido contrario al clivaje. La fractura presenta en muchos minerales un aspecto muy característico, pues puede ser *unida*, *desigual* ó *concoidea*: este último caso se observa en la piedra de chispa. Tambien puede ser *esquistosa*, *dentada* ó *fragmentaria* y, por último, *terrosa*, como en la cal y otros muchos cuerpos.

La *dureza* es objeto de especial consideracion en la descripcion de los minerales. Los hay tan duros, que la mejor lima no llega á rayarlos, miéntras que otros lo son tan poco que pueden rayarse con la uña. Entre estos dos extremos hay muchísimos grados intermedios, que no es fácil definir. De dos minerales, naturalmente es más duro el que es capaz de rayar al otro, sin ser aquél rayado por éste. Por medio de diez minerales entre los más conoci-

dos, se ha establecido lo que se llama *escala de dureza*, en la cual están aquéllos ordenados de tal manera, que cada uno raya al que le precede y es rayado por el que le sigue. Así se obtienen, á partir del mineral más blando, el talco, hasta el más duro, el diamante, los grados de dureza que se designan con números de órden. Son:

DUREZA.

1	Talco.	6	Orthosa.
2	Yeso, sal gemma.	7	Cuarzo.
3	Espato calizo.	8	Topacio.
4	Espato fluor.	9	Corindon.
5	Apatita.	10	Diamante.

Por consecuencia, cuando se dice que un mineral tiene la dureza 7, sabemos que es la del cuarzo. En general, es fácil retener que la cifra inferior designa menor dureza, y mayor la cifra superior. Como regla práctica, es bueno saber que los minerales hasta el grado 8 son rayados por la lima inglesa; hasta el 6, por una lámina de acero; hasta el 3, con la uña, y que los superiores al grado 6 dan chispas con el eslabon.

26. *Densidad de los minerales.*—Se entiende por *densidad* ó *peso específico* de un cuerpo, el peso de cierto volúmen de este cuerpo, comparado con el peso de igual volúmen de agua. Así, la densidad del plomo es = 11; porque un centímetro cúbico de plomo pesa 11 centímetros cúbicos de agua. No variando las circunstancias, cada cuerpo conserva siempre la misma densidad, por lo que este carácter es uno de los más importantes para distinguir los minerales. Por esto se ha puesto sumo cuidado en determinar más de una vez la densidad con la mayor exac-

titud, y ordinariamente á la temperatura de + 17 grados y medio. Ya sabemos en general por la Química, que los minerales de densidad algo fuerte contienen metales pesados.

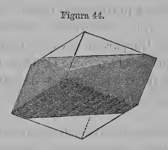
27. *Propiedades ópticas de los minerales.*—Los minerales son cuerpos de variedad casi infinita, y ofrecen tambien fenómenos muy distintos si los exponemos á los rayos luminosos. Unos dejan penetrar estos rayos, desviándolos ó refractándolos; otros los reflejan de una manera especial. Debemos considerar aquí su *trasparencia* ó *diafanidad*, su *poder refringente*, su *brillo* y su *color*.

La *trasparencia* puede ser perfecta, lo que se observa principalmente en los cristales bien desarrollados. Cuando el mineral es trasparente y carece completamente de color, se dice que es claro como el agua; los que poseen grados menores de trasparencia se designan con los términos: *semitrasparentes* ó *translúcidos*, *translúcidos en las aristas* y *opacos*.

El *poder refringente* no puede naturalmente observarse sino en cristales perfectamente diáfanos. Este poder varía mucho segun las sustancias: las piedras preciosas, por ejemplo, refractan la luz con mucha fuerza, miéntras que otros minerales tienen muy poca fuerza de refraccion. Pero lo más notable de este carácter es la *refraccion doble*, la cual consiste en que el rayo de luz incidente, no solamente es refractado, sino dividido además en dos rayos distintos, que se separan en diferente direccion; de donde resulta que una raya negra, mirada en cierto sentido al través de un cristal de doble refraccion, nos da la apariencia de dos imágenes. El espato calizo, ó de Islandia, es el mineral más conocido entre los que presentan este fenómeno. La doble refraccion nunca se observa en los cristales del sistema regular ó cúbico, y en los que la poseen no se manifiesta en todas direcciones. En los perte-

necientes al sistema tetragonal y exagonal se puede descubrir siempre una línea, paralelamente á la cual no se verifica la doble refraccion; esta línea se llama *eje óptico* del cristal, cuyo eje está en relacion con el eje cristalográfico, y los cristales de este género se denominan de *un solo eje óptico*. Los otros cristales son de *dos ejes ópticos*, porque se pueden descubrir en ellos dos líneas paralelamente á las cuales un rayo, visto al través del cristal, no parece doble. En el espato calizo el eje óptico se confunde con el principal; pero si se le quitan á este cristal, desgastándolo con una piedra de afilar (como lo indica la fig. 44), los ángu-

Figura 44.



los obtusos, y se coloca el corte así obtenido sobre una raya negra, ésta no aparecerá doble.

Se hace uso en la práctica, con suma utilidad para la ciencia, de láminas delgadas, talladas paralelamente al eje principal en cristales del mineral llamado *turmalina*, que más tarde describiremos. Estas láminas poseen la propiedad de *polarizar* la luz, y dos de ellas, engastadas, como muestra la fig. 45, de una manera móvil en anillos metálicos, constituyen un pequeño aparato de polarizacion que se llama *pinza de turmalina*. Las dos láminas *a*, *b*, *c*, *d* y *e*, *f*, *g*, *h* (fig. 46) aparecen trasparentes cuando están colocadas una sobre otra, de manera que haya paralelismo entre sus ejes de cristalizacion, á los cuales cor-

responde la direccion de las líneas del diseño; pero si hacemos girar una de las láminas hasta que sus ejes sean perpendiculares (fig. 47), la trasparencia disminuye gradualmente y concluye por desaparecer del todo. Si colocamos entónces entre estas dos láminas cruzadas un mineral

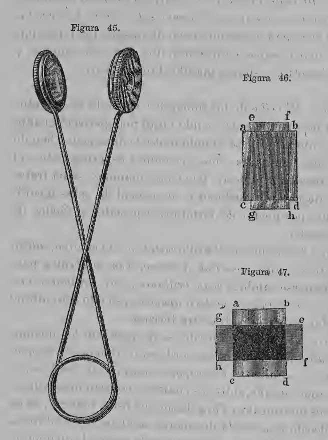


Figura 45.

Figura 46.

Figura 47.

cristalizado, persiste la oscuridad si éste no es de doble refraccion; y reaparece, por el contrario, la trasparencia si es de doble refraccion. Lentejuelas minerales de un solo eje óptico muestran, entre las láminas cruzadas de

la turmalina, anillos colorados elípticos con dos bandas oscuras. La pinza de turmalina es, pues, un auxiliar importante para las determinaciones cristalográficas.

Otro fenómeno notable, dependiente tambien de la forma cristalina, es que los cristales unicoloros presentan colores *diferentes* cuando se los mira en ciertas direcciones, cuyo carácter se llama *dicroismo* ó *polycroismo*. Los cristales del sistema regular no tienen dicroismo; los del segundo y cuarto sistema presentan dos clases de colores, y los de los otros sistemas manifiestan hasta tres.

28. El *brillo* de los minerales depende de la naturaleza de su superficie, siendo tanto más perfecto cuanto más se aproxima ésta al pulimento de un espejo. Cuando presentan hendiduras finas, pequeñas asperezas, etc., el brillo resulta modificado de ciertas maneras; se ha tratado de designar la cualidad é intensidad de estas modificaciones por medio de términos especiales y fáciles de comprender.

Así distinguimos el brillo *metálico*, *diamantino*, *vidrioso*, *resinoso*, *graso*, *nacarado* y *sedoso*. Los minerales pueden llamarse tambien *muy brillantes*, *poco brillantes*, *brillantes*, *chispeantes* y *mates* ó *apagados*, siendo este último carácter propio de la fractura terrosa.

El *color* en los minerales se designa con los mismos términos que en el lenguaje ordinario. Como *colores principales* se admiten el *blanco*, *gris*, *negro*, *azul*, *verde*, *amarillo*, *rojo*, *castaño*, entre los cuales se colocan muchísimos matices intermedios. Para distinguir estos matices, se ha establecido una escala de colores, análoga á la de dureza, en la que se designa el color de cada mineral con nombre distinto.

Tambien merece especial consideracion en los minerales el *rayado*, término por el que entendemos el color que aparece cuando se raya el mineral con un cuerpo más

duro, ó cuando se frota sobre una superficie blanca. Este rayado es ordinariamente más claro que el color del mineral, como sucede, por ejemplo, con la acerdese, que es casi negra y, sin embargo, produce sobre el papel una raya oscura. Lo más frecuente es que el color de un mineral sea igual al de su rayado; pero muchas veces tambien minerales de color muy vivo dan polvos pálidos y áun incoloros.

Algunos otros efectos de color se observan todavía, pero con bastante rareza; tales son la *opalescencia* y la *irisacion*, fenómenos que reproducen los juegos de luz del ópalo y del espectro solar. A veces presentan tambien los minerales matices variados y cambiantes, parecidos á los visos del cuello de los palomos ó de la cola del pavo real: cambiantes y matices que son accidentales, y debidos á delgadas películas de materia extraña, formadas sobre el mineral por un principio de oxidacion. Hay, por último, muchos minerales que tienen la propiedad de lucir en la oscuridad cuando se les coloca en ciertas condiciones; este fenómeno se llama *fosforescencia*, y uno de los medios de producirlo en ciertas sustancias es calentarlas más ó ménos, ó exponerlas á la accion de la luz solar.

29. *Propiedades eléctricas y magnéticas de los minerales.*—La Física nos enseña que todos los cuerpos brutos pueden dividirse en dos grupos, segun sean ó no electrizables por el frotamiento. Los primeros se llaman *cuerpos eléctricos;* los segundos, *cuerpos no eléctricos*. Los cuerpos eléctricos son malos conductores; los no eléctricos, por el contrario, buenos conductores de la electricidad. Fácil es averiguar á qué grupo pertenece un mineral: basta frotarlo y aproximarlo luégo al péndulo eléctrico. Generalmente, los minerales que contienen metales pesados, pertenecen á los conductores no eléctricos, miéntras que los elementos no metálicos y las combinaciones de metales

ligeros dan minerales que se electrizan por frotacion, y son conductores más ó ménos malos.

Relativamente hay pocos minerales dotados de *propiedades magnéticas*, y son especialmente los que contienen hierro. Para averiguar la existencia de estas propiedades en un mineral, basta aproximarlo á la aguja imantada.

30. *Olor, sabor y tacto de los minerales*.—La gran mayoría de éstos no posée *olor ninguno*, pero algunos lo tienen muy característico. Proviene las más veces de sustancias que se les han incorporado, y especialmente del aceite de petróleo; otras veces el olor no se manifiesta sino cuando el mineral es golpeado, frotado ó sometido á la influencia de nuestro aliento. Varios minerales, como son los que contienen arsénico ó azufre, esparcen, cuando se los calienta, un olor particular, resultante de modificaciones químicas.

Es claro que únicamente los minerales solubles pueden tener *sabor*, y su número es muy pequeño. El sabor depende de la composicion química, por lo que es naturalmente salado en la sal gemma, amargo en las sales de magnesia, refrescante en los nitratos, etc.

Al *tacto* ciertos minerales causan una impresion particular, siendo algunos *rudos* ó *ásperos*, como las piedras traquíticas; otros, *grasos* ó *untuosos*, como la esteatita ó talco, y los hay, como las piedras preciosas, que dejan al tacto una impresion de *frio*. Varios minerales tienen la propiedad de ser muy ávidos de agua, y algunos la aspiran con tal fuerza, que se *pegan* á la *lengua* ó al dedo mojado, apoderándose rápidamente de la humedad de estos órganos; tal sucede con las arcillas.

III.—Propiedades químicas de los Minerales.

31. Habiendo dicho al principio que los minerales son combinaciones químicas que se encuentran formadas en la naturaleza, necesariamente deben poseer propiedades en relacion con sus elementos, lo que se comprueba por el análisis ó su descomposicion. En consecuencia, cuando la forma y los caractéres físicos no basten para distinguir y determinar un mineral, se recurre á las reacciones químicas. Las preguntas que el mineralogista dirige á la Química son de dos órdenes, á saber: en primer lugar, *cuáles* son las sustancias que contiene el mineral; en seguida, *qué cantidad* contiene de cada sustancia.

Para resolver la última cuestion es menester descomponer totalmente el mineral en sus elementos, y hallar el peso exacto de estos elementos. Esta operacion se llama *análisis cuantitativo*, y exige mucho tiempo y precaucion.

El *análisis cualitativo* se limita á indicar las sustancias que un cuerpo encierra, y se ejecuta de ordinario mucho más pronto, sobre todo por el mineralogista, que posée además otros medios para determinar los cuerpos sometidos á su exámen. Por esta razon se sirve de los reactivos químicos más simples, que puede llevar consigo y manejar fácilmente, empleando con preferencia la accion descomponente del *calor* y la disolvente del *agua* ó de los *ácidos*. En el primer caso, se dice que procede por la *via seca;* en el segundo, por la *via húmeda.*

32. *Efectos del calor en los minerales.*—Se emplea este agente en todos los grados de intensidad, desde el calentamiento muy moderado hasta el rojo más ardiente.

Para producir este último efecto, se recurre al *soplete* (fig. 48). Este instrumento, de laton, se compone: de un tubo alargado, *ab*, guarnecido por lo comun en *a* de una

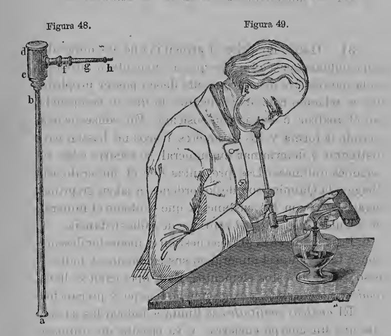


Figura 48. Figura 49.

embocadura de cuerno ó de marfil; de un recipiente de aire, *cd*, que sirve tambien para detener la humedad expirada por los pulmones; por último, de una punta, *fg*, que termina en un pequeño tubo, *h*, de platina, atravesado por un orificio muy fino. La fig. 49 indica la manera de manejar este instrumento.

Soplando por medio del soplete en la llama de una bujía ó de una lámpara de alcohol, se obtiene en pequeño lo que el herrero produce por medio del fuelle, á saber, la concentracion de un gran calor en un espacio restringido. La llama adquiere por el soplete la forma de un dardo ó de un cono puntiagudo, y á esta llama se expo-

nen los pequeños fragmentos del mineral que se quiere examinar, ora cogiéndolos con unas pinzas delgadas, cuyos extremos son de platino, ora colocándolos en un pedazo de carbon perfectamente carbonizado. Cuando basta para el exámen con un calor ligero, se mete comunmente la sustancia de ensayo en un tubo de vidrio, y sin emplear el soplete, se la calienta sencillamente con una lámpara de espíritu de vino.

En estos ensayos debe dirigirse toda la atencion á la *fusibilidad* y *volatilidad* de la materia, así como al *color* particular que puede comunicar á la llama del soplete.

La *fusibilidad* de los minerales es muy variable. Miéntras unos se funden al calor de una bujía, como muchas sales, otros necesitan para fundirse del fuego más violento, y algunos son totalmente infusibles. Desígnanse estos grados con las expresiones *muy fácilmente,—fácilmente,—bastante difícilmente,—difícilmente,—muy difícilmente,—fusible* é *infusible*.

Otros efectos, dignos de indicarse, se producen todavía en la fusion: así, ciertos minerales se funden tranquilamente, otros hierven, se hinchan, se laminan, estallan y saltan á lo léjos. La masa fundida puede ser vítrea ó escoriácea, semejante á la porcelana, ó bien formar un pequeño glóbulo ó gránulo, lo cual se ve principalmente en los metales.

El calentamiento de los minerales produce muchas veces desprendimiento de *materias volátiles*, y casi siempre de vapor acuoso. En este último caso, se debe averiguar si esta agua se encontraba en el mineral simplemente por imbibicion, ó bien combinada químicamente con él como agua de cristalizacion ó de hidratacion. Ciertos minerales desprenden gases; así, la cal carbonatada desprende ácido carbónico, y el peróxido de manganeso oxígeno. Tambien se forman por la accion del fuego y con el concurso del oxígeno del aire muchas combinaciones nuevas. Ejem-

plos: los minerales de plomo se cubren con frecuencia de una capa amarilla de óxido de plomo, y los de antimonio, de óxido blanco de antimonio; los que contienen azufre desprenden el ácido sulfuroso, que todo el mundo conoce por su olor sofocante; y los minerales arseníferos producen vapores de ácido arsenioso de fuerte olor aliáceo, así como una eflorescencia blanca de este mismo ácido.

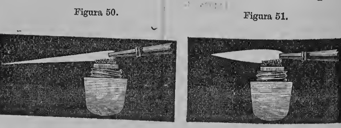
33. El *color de la llama* del soplete da tambien á veces excelente medio para reconocer la presencia de ciertas sustancias: así, es de púrpura, con el estroncio y el litio; de aurora, con el calcio; violeta, con el potasio; de amarillo vivo, con el sódio; verde, con el bario, etc. Cuando los vapores de estas sustancias se mezclan con la llama en cantidad algo considerable, las coloraciones que producen se manifiestan pronto á la vista. Sin embargo, la Física enseña que, en el *análisis espectral*, basta una cantidad infinitamente pequeña del vapor de un cuerpo extraño para que se produzca en la llama una modificacion luminosa, que se revela por un espectro surcado de rayas particulares: estos fenómenos se observan por medio de un instrumento llamado *espectroscopio*, el cual es de los más indispensables al mineralogista, y le presta preciosísimos servicios para el análisis cualitativo de las sustancias que constituyen el objeto de su estudio.

34. Hemos considerado hasta aquí la accion del calor sobre los ejemplares mineralógicos que se quiere examinar; pero muchas veces se recurre tambien á la influencia de agentes químicos, que producen fenómenos particulares. Tales son: el oxígeno del aire, el carbon que sirve para colocar el mineral, los gases del *interior* de la llama del soplete, el carbonato de sosa, el bórax, el fosfato de sosa y de amoniaco y el cyanuro de potasio.

Yá sabemos por el párrafo 32, que el *oxígeno* del aire

ejerce una accion oxidante. Para comprender bien los usos químicos del soplete, remitimos al lector á la descripcion y explicacion que hemos dado de la llama en el párrafo 64 de la *Química*. Allí vimos que la combustion no se verifica verdaderamente sino en los bordes y en la extremidad de la llama, miéntras que en su interior hay gases y vapores formados de hidrógeno y de carbono. Estos gases están ávidos de combinarse con el oxígeno, y pueden servir fácilmente para quitarlo de donde esté, es decir, para llevar á cabo la *desoxidacion ó reduccion*. De esto se sigue que, en el ensayo de un cuerpo al soplete, el oxígeno sólo está en la extremidad de la llama, ó sea, en lo que se llama *fuego ó llama de oxidacion;* al contrario, si colocamos el cuerpo en el interior de la llama, en esa parte oscura y ancha, ésta ejercerá sobre aquél una accion desoxidante, si el cuerpo contiene en efecto oxígeno: por esta razon esta parte de la llama ha recibido los nombres de *fuego de reduccion*, ó bien *llama interna* ó de *reduccion*. Así se explica, por ejemplo, que una partícula de estaño pase fácilmente, bajo la influencia de la llama exterior, al estado de óxido blanco, y que, inversamente, éste pueda ser reducido en seguida á un grano de estaño metálico por la accion de la llama interna. La llama de oxidacion se produce mejor cuando se introduce la punta del soplete en la llama (fig. 50), la cual es entónces pun-

Figura 50. Figura 51.



tiaguda, azul y débilmente luminosa. Para obtener la llama de reduccion (fig. 51), se aproxima el soplete al

borde de la llama y se sopla más suavemente que ántes; ésta entónces es ancha, de un brillo amarillo y da mucho ménos calor que la anterior. Las dos figuras 50 y 51 representan, en la mitad de su tamaño, cortes de la pequeña lámpara de alcohol y de mecha cortada en bisel, que por lo comun forma parte del equipaje del mineralogista. Las llamas delgadas de gas convienen perfectamente para los ensayos al soplete.

En los ensayos de reduccion se coloca el cuerpo sobre un pedazo de carbon vegetal, el cual contribuye mucho á la accion desoxidante.

35. La *sosa* y el *bórax*, cuando se usan en los ensayos al soplete, se llaman *fundentes*, porque tienen por objeto principal producir combinaciones fácilmente fusibles. En las operaciones de este género, se coloca el mineral en el ojo de un hilo de platino encorvado (fig. 52). El *carbonato de sosa* ejerce principalmente su accion en las com-

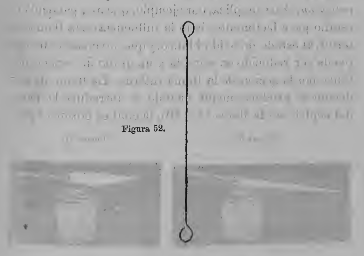


Figura 52.

binaciones ricas de sílice, con las que forma el vidrio de sosa, fusible con facilidad; ó bien sirve tambien para pro-

ducir sales solubles con el azufre, arsénico, manganeso, etc., las cuales, por el calor, pasan al estado de ácidos. El *cianuro de potasio* es muy buen agente de reduccion. En el *bórax* ó *borato de sosa*, la parte activa es el ácido bórico, infusible por sí mismo, pero que adquiere la propiedad de fundirse al combinarse con los óxidos metálicos, con los cuales forma vidrios que se distinguen por sus colores particulares, muy parecidos á los de los vidrios colorados de que hemos tratado en la *Química*. El uso y el efecto del fosfato de sosa y del amoniaco son en un todo análogos á los del bórax. No es indiferente operar la fusion con este último cuerpo en uno ú otro *fuego* de la llama, porque los protóxidos dan muchas veces otros colores que los óxidos, como muestran los ejemplos del siguiente cuadro:

Óxidos.	Color de los vidrios borácicos.	
	En la llama de oxidacion.	*En la llama de reduccion*
Óxido de cromo. . .	Verde esmeralda	Amarillo oscuro: incoloro al frio.
Óxido de manganeso .	Violeta	Incoloro.
Óxido de antimonio .	Amarillo claro.	Tinte indeciso ó gris.
Óxido de bismuto. . .	Incoloro.	Gris y turbio.
Óxido de zinc	Incoloro: si hay mucho zinc, blanco de porcelana . .	Se volatiliza.
Óxido de estaño. . .	Incoloro.	Incoloro.
Óxido de plomo. . .	Amarillo, con el frio incoloro	Se reduce á glóbulos metálicos.
Óxido de hierro. . .	Rojo oscuro: más claro enfriándose, hasta ser incoloro	Verde botella, verde azulado.
Óxido de cobalto. . .	Azul.	Azul.
Óxido de nikel. . .	Rojizo amarillo: más claro al frio.	Grisado.
Óxido de cobre . . .	Verde.	Incoloro: al frio rojo cinabrio y opaco.
Óxido de plata . . .	Al frio, blanco de leche .	Grisado.

36. En fin, si tomamos como disolventes de los minerales el *agua* y los *ácidos*, entramos de lleno en el

dominio de los fenómenos químicos. Las operaciones de este género son muchas y muy variadas, y de ellas tratan especialmente las obras de Química analítica.

Sólo haremos notar aquí que, de ordinario, estos disolventes se emplean en cierto órden: primero el agua, después el ácido clorídrico, en seguida el nítrico, y finalmente la mezcla de los dos últimos. El ácido clorídrico se emplea con más frecuencia para averiguar si un mineral tiene ó no ácido carbónico; en el primer caso basta una sola gota de ácido clorídrico para producir una efervescencia, y hacer que se desprenda el ácido carbónico.

37. Hénos aquí yá provistos de todos los conocimientos preparatorios, que son necesarios para describir los minerales; pero debemos reconocer que una mera descripcion, por muy buena que sea, en ninguna ciencia es tan insuficiente como en Mineralogía. No se puede prescindir aquí de la vista del objeto mismo, porque no se trata de retener en el espíritu una idea formada puramente por el trabajo del pensamiento; sino de imprimir en él una imágen duradera de un cuerpo material, despues de haber adquirido, por las percepciones de nuestros sentidos, un conocimiento completo de las diversas propiedades que lo constituyen.

Importa, pues, mucho al que piensa dedicarse á la Mineralogía, empezar por el exámen y estudio de todos los minerales que encuentre á su alcance en la naturaleza. La region más pobre ofrece siempre alguna cosa, y un exámen atento de lo poco que en ella se encuentre, ayudará cuando ménos á representar mejor los cuerpos que únicamente se conozcan por descripciones. Tampoco será muy difícil formarse una pequeña coleccion de minerales, proporcionándose los más importantes por compra ó cambio. El gabinete de Mineralogía de Heidelberg, los comerciantes de minerales en París, Berlin y otros puntos,

y los establecimientos de droguerías y productos químicos, facilitan la adquisicion, á precios económicos, de ejemplares sueltos, ó de colecciones metódicas de especies más ó ménos numerosas. Pero los establecimientos de enseñanza que cuenten entre sus asignaturas esta parte de la Historia natural, no deben escasear recursos para poseer colecciones de los minerales más importantes, medio eficacísimo para inspirar á los alumnos vivo interés por esta ciencia. En Historia natural, la mejor descripcion sirve en cierto modo de muleta, que se arroja para siempre así que hemos tenido ocasion de ver los objetos con nuestros propios ojos.

Clasificacion de los Minerales.

38. Se llama especie mineral lo que, por su composicion química y sus propiedades, se da á conocer en la naturaleza inorgánica como un cuerpo particular. El número de minerales determinados de esta manera es muy grande, y todavía sigue aumentando de dia en dia; por lo que es sumamente difícil clasificarlos en órden sistemático. Las plantas y los animales poseen, en la infinita diversidad de sus órganos, caractéres distintivos muy salientes, por medio de los cuales fácilmente se forman clases, órdenes, familias y géneros; de donde resulta, por ejemplo, que un jóven estudiante de Botánica, cuando se ha familiarizado algun tanto con el sistema, aunque conozca muy poco el reino vegetal, se encuentra capaz, sin

embargo, de determinar con exactitud una planta nueva que desconozca por completo. En los reinos orgánicos, los objetos de nuestro estudio se presentan como una série de séres más y más perfeccionados, y que por ésto mismo poseen casi siempre caractéres muy marcados. Pero en el reino inorgánico no sucede lo mismo: los minerales son todos igualmente perfectos. Para distinguirlos entre sí de una manera bastante precisa, se ha recurrido á los caractéres suministrados por la *forma cristalina*, la *densidad* y la *dureza;* pero ninguna de éstas propiedades por sí sola ni todas juntas han bastado para establecer una clasificacion satisfactoria.

De aquí proviene que la division mineralógica más antigua no haya caido aún en desuso en nuestros dias, y que conserve todavía bajo ciertos aspectos su razon de ser. Esta antigua clasificacion contenia cuatro clases, á saber: 1.°, *sales* ó minerales solubles; 2.°, *piedras* ó minerales terrosos insolubles; 3.°, *minerales* de metales pesados; 4.°, *combustibles minerales.*

Pero cuando se reconoció que las propiedades de los minerales dependen de su composicion química, ésta adquirió gran importancia para clasificarlos. En efecto, es absolutamente necesario que, ántes de ocuparse en Mineralogía, se haya aprendido la Química, sin cuya ayuda el llamado estudio de la Mineralogía se reduce, las más de las veces, á una mera distraccion con piedras abigarradas. La Química nos da á conocer desde luégo muchos minerales, y luégo nos ayuda considerablemente á distinguir todos los demás. Por ésta razon describiremos los minerales en el órden correspondiente á su clasificacion química; el siguiente cuadro muestra que están dispuestos casi de la misma manera que la Química ordena los cuerpos simples y sus combinaciones.

I. *Clase de los metaloides.—Grupos:* 1. Azufre; 2. Selenio; 3. Teluro; 4. Arsénico; 5. Carbono; 6. Silicio; 7. Boro.

II. *Clase de los metales ligeros.—Grupos:* 8. Potasio; 9. Sodio; 10. Ammonio; 11. Calcio; 12. Bario; 13. Estroncio; 14. Magnesio; 15. Aluminio.

III. *Clase de los silicatos.—Grupos:* 16. Zeólitos; 17. Arcillas; 18. Feldéspatos; 19. Granates; 20. Micas; 21. Serpentinas; 22. Augitas; 23. Piedras gemmas.

IV. *Clase de los metales pesados.—Grupos:* 24. Hierro; 25. Manganeso; 26. Cromo; 27. Cobalto; 28. Nikel; 29. Zinc; 30. Estaño; 31. Plomo; 32. Bismuto; 33. Antimonio; 34. Cobre; 35. Mercurio; 36. Plata; 37. Oro; 38. Platino.

V. *Clase de las combinaciones orgánicas.—Grupos:* 39. Sales orgánicas; 40. Resinas.

39. Es costumbre bastante general colocar entre los minerales los cuerpos gaseosos, así como el agua en su estado líquido y en el de hielo; pero nosotros no la seguimos por suponer que estos cuerpos son suficientemente conocidos.

Aunque la clasificacion que acabamos de exponer es muy conveniente para el estudio de los minerales, debemos advertir, sin embargo, que ayuda muy poco para determinar y clasificar un mineral desconocido. En cambio, cuando se conocen de antemano las propiedades químicas de los cuerpos simples y de sus combinaciones, estamos muy pronto en disposicion de colocar un mineral en su clase y en su grupo.

Así, entre los minerales de la primera clase, los de los grupos 1 á 5 se reconocen fácilmente por su combustibilidad y el olor de los productos de la combustion. El

boro, en estado de ácido bórico, se encuentra rara vez, y esto en un pequeño número de localidades. El silicio constituye, en el estado de ácido silícico ó de cuarzo, uno de los grupos minerales más esparcidos, y se distingue por su insolubilidad y dureza.

A la clase de los metales ligeros pertenecen los minerales cuyo peso específico no pasa de 5; la mayor parte es incolora, y algunos se disuelven fácilmente en el agua, como las sales de potasa, de sosa y de magnesia; mas el yeso es difícilmente soluble. De los otros, algunos se disuelven en el ácido clorídrico con efervescencia, como los carbonatos de cal, de barita, de estronciana y de magnesia. El sulfato de barita, ó espato pesado, es absolutamente insoluble, pero se distingue ante todo por su gran peso específico, despues por la coloracion verde que da á la llama del soplete, miéntras que el espato ó carbonato de estronciana la tiñe de púrpura.

La tercera clase comprende los *silicatos* insolubles, que existen en gran abundancia, y consisten la mayor parte en sales dobles de alúmina y otra base. Tambien aquí se observan en ciertos grupos caractéres muy distintivos, tales como la solubilidad en ciertas ceolitas, la coagulacion gelatinosa en el ácido clorídrico, así como la formacion de espuma bajo la influencia del calor; el tinte oscuro en las augitas, y en las micas el brillo particular de las láminas de *clivaje;* pero las formas cristalinas son principalmente las que ofrecen caractéres más decisivos.

Los minerales, cuya densidad es superior á 6, y que las más veces se distinguen tambien por un color vivo y característico, ó por un brillo metálico muy marcado, pertenecen indudablemente á la clase de los *metales pesados.* Con frecuencia el color sólo basta para saber en qué grupo debemos colocar el mineral en cuestion.

Los metales nobles, atendida su escasez, no presentan grandes dificultades; y los metales de óxidos fácil-

mente reductibles, como el estaño, plomo, bismuto y antimonio, se revelan de una manera muy característica al fuego del soplete, y de este modo se distinguen fácilmente. En fin, los minerales que se ennegrecen cuando se les calienta y que acaban por arder totalmente ó en parte, muestran con esto que pertenecen á la clase de las *combinaciones orgánicas*, en la cual se encuentran tambien los minerales resinosos, fáciles de reconocer desde luégo.

40. Para designar los minerales, es muy cómodo y ventajoso servirse de las fórmulas químicas. Tenemos, por consiguiente, que apelar aquí á nuestros conocimientos en Química, sin cuya ciencia no puede darse un paso en el estudio de los minerales. En Mineralogía se emplea comunmente la antigua nomenclatura dualística, adoptando, por otra parte, en los pesos atómicos, el nuevo sistema, en el cual $O=16$. Con el fin de simplificar las fórmulas químicas de los minerales, se han introducido tambien ciertos signos particulares. Cuando el mineral contiene, y se encuentran en este caso la mayor parte, oxígeno ó azufre combinado con un radical no metálico ó metálico, se indica un equivalente de oxígeno por un punto, y uno de azufre por una rayita vertical colocada encima del signo del radical. Ejemplos:

$\dot{K} = K{\cdot}O$ = óxido de potasio.

$\dddot{Si} = SiO^3$ = ácido silícico.

$\overset{\mid}{Pb} = PbS$ = sulfuro de plomo.

$\overset{\mid\mid\mid\mid\mid}{Sb}$ (ó $\overset{\mid\mid}{\overset{\mid\mid\mid}{Sb}}$) = pentasulfuro de antimonio, etc.

Si hay dos equivalentes del radical, se tacha el signo de éste; por consecuencia

$$\dddot{\mathrm{Fe}} = \mathrm{Fe^2O^3} = \text{óxido de hierro.}$$

$$\dddot{\mathrm{Al}} = \mathrm{Al^2O^3} = \text{óxido de aluminio ó alúmina.}$$

Por lo demás, se procede en la composicion de las fórmulas segun las reglas dadas en el párrafo 19 de la *Química;* por lo cual,

$$\dot{\mathrm{K}}\,\dddot{\mathrm{S}} + \dddot{\mathrm{Al}}\,\dddot{\mathrm{S}}^3 = \mathrm{K^2O, SO^3 + Al^2O^3, 3SO^3} = \text{alumbre.}$$

Se ve por este ejemplo que en las combinaciones de primer órden no se pone vírgula, y que los equivalentes múltiplos se indican con cifras colocadas como esponentes.

41. En la descripcion del *alumbre,* párrafo 95 de nuestra *Química,* hemos conocido yá un notable efecto de isomorfismo (párrafo 22), consistente en que la base de una combinacion es reemplazada totalmente ó en parte por otras determinadas bases, sin que el carácter principal del mineral, sobre todo su forma cristalina, se modifique sensiblemente. La Mineralogía nos presenta numerosos ejemplos de este hecho, principalmente en la gran série de los silicatos dobles. Así, por un lado, la potasa, la sosa, el amoniaco y la cal; por otro, la cal, la magnesia, los protóxidos de hierro y de manganeso, así como los óxidos de hierro, de cromo y de alúmina, forman grupos de óxidos metálicos, capaces de producir el fenómeno en cuestion. Por esta cualidad se les llama *elementos sustituyentes* de una combinacion, y se los denota poniendo sus signos entre

paréntesis, ó bien colocando los unos debajo de los otros. Un ejemplo de los más notables de esta naturaleza hallamos en la composicion del granate, que corresponde á la fórmula siguiente:

$$3(CaO,MgO,FeO,MnO),2SiO^2+(Al^2O^3,Fe^2O^3,Mn^2O^3,Cr^2O^3),SiO^2.$$

Tenemos, pues, aquí un doble silicato, compuesto, por un lado, de dos equivalentes de ácido silícico, combinados con tres equivalentes de las bases sustituyentes cal, magnesia, protóxidos de hierro y de manganeso; y, por otro lado, de un equivalente de ácido silícico, combinado con otro de las bases alúmina, óxido de hierro, óxido de manganeso ó de cromo.

Para expresar brevemente semejantes combinaciones, se usan tambien fórmulas generales, tales como la siguiente, del granate:

$$3RO,2SiO^2+R^2O^3,SiO^2;$$

RO representa uno de los óxidos metálicos de la primera categoría, y R^2O^3 uno de los últimos. En la composicion de estas fórmulas importa esencialmente que haya una relacion determinada entre la proporcion del oxígeno del ácido y la de la base; pero es indiferente que la base consista en un solo óxido metálico, ó que, como en el ejemplo citado, haya un grupo de óxidos sustitutivos equivalentes.

De lo que precede resulta que es imposible, cuando se trata de una larga série de minerales, colocarlos en un sistema conforme á su base metálica, por lo que se prefiere reunir la totalidad de los *silicatos* en una clase particular.

Descripcion de los Minerales.

42. Sólo podremos tratar aquí de los minerales más importantes, y áun de éstos muy sucintamente. Muchos de ellos, por ejemplo, las especies del carbono, han sido descritos minuciosamente en nuestra *Química*, por lo cual bastará indicarlos brevemente.

La mayor parte de los minerales simples se encuentran en la naturaleza en masas poco voluminosas; otros se presentan acumulados en grandes cantidades, y constituyen parte considerable de la envoltura terrestre, por lo que habremos de estudiarlos tambien más adelante al tratar de las piedras ó rocas.

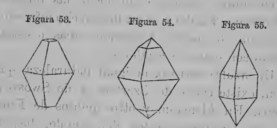
En las descripciones que van á seguir, D. significa la *dureza* y P. E. el *peso específico* ó la *densidad* de los minerales.

La nomenclatura mineral se ha formado lentamente sin el auxilio de ningun principio científico, y por esta razon es bastante defectuosa. Nos presenta una mezcla de nombres muy singulares, tomados unos del lenguaje comun, otros de la localidad en que se encuentra el mineral, ó de célebres naturalistas, siendo muy pocos los minerales cuyos nombres se hayan tomado de sus propiedades ó composicion química. Por desgracia es imposible cambiar este estado de cosas sin producir una gran confusion; por esto tambien hemos conservado en química los nombres vulgares del agua, de la sosa, etc., en lugar de reemplazarlos por los términos científicos de óxido de hidrógeno, óxido de sodio, etc.

I.—Clase de los Metaloides.

Grupo del azufre.—Sulfúridos.

43. *Azufre nativo*, sistema cristalino rómbico. Su forma tipo, el octaedro de base romba, se encuentra con diversas truncaduras de las aristas y de los ángulos (figuras 53, 54 y 55). Se presenta con frecuencia en estado cristalino, granuloso ó térreo, rara vez en estado fibroso.


Figura 53. Figura 54. Figura 55.

Su clivaje es imperfecto; la fractura, escamosa ó desigual; D.=1,5 á 2,5; es quebradizo y frágil. P. E.=1,9 á 2,1. Las otras propiedades del azufre, en particular sus cualidades químicas y usos, han sido descritas en la *Química*.

Los yacimientos más importantes de azufre existen en Sicilia, y se explotan cerca de Girgenti, de Fiume, etc., en terrenos terciarios, donde se encuentra acompañado de espato calizo y de celestina. En España tenemos magníficos ejemplares de cristales de azufre en las inmediaciones de Conil, provincia de Cádiz; se hallan tambien en Arcos de la Frontera, en Moron y otros puntos.

Son notables los depósitos de azufre de la provincia de Sevilla, pues se deben á epigénesis y fenómenos geológicos, que se verifican en el terreno terciario comprendido desde Moron y Coripe hasta el mismo Conil, en depósitos

ó zalzas formando montecillos cónicos, especies de volcanes de fango, que arrojan por su pequeño cráter un líquido túrbeo, con desprendimiento de ácido carbónico y sulfídrico, depositándose en las inmediaciones de estos pequeños conos sal marina ó cloruro de sodio, que cristaliza en la forma regular que le es propia: son explotados como salinas. En estas mismas zalzas se hallan cristales de azufre incrustando las rocas de sulfato de estronciana que existen en estos terrenos, más abundantes en Arcos y Conil que en otros puntos de la provincia de Sevilla, siendo notable que todos estos volcanes sigan una direccion constante de norte á sur hasta las inmediaciones del Estrecho. Tambien se encuentra el azufre en Hellin, en terrenos terciarios, formando capas ó estratos que alternan con materias arcillosas.

Un azufre terroso, de igual naturaleza que el de Hellin, existe cerca de Czarkow y de Swoszowice en Polonia. En Alemania y otros puntos de Europa, así como en las otras partes del mundo, hay tambien muchos yacimientos de azufre, sobre todo en estado de eflorescencia, en las cercanías de los volcanes y fuentes sulfurosas; pero en ninguna parte, de Europa á lo ménos, puede compararse en riqueza este mineral al de Sicilia donde existe perfectamente puro.

Grupos del Selenio y del Teluro. Selenidos y Teluridos.

44. El *selenio* es un cuerpo simple, muy semejante al azufre en cuanto á sus propiedades químicas: su color es gris, pero despues de la fusion se vuelve oscuro. Escasea mucho en estado nativo, y cuando arde, despide un olor desagradable de coliflores podridas. El *selenio sulfurado*, de amarillo de naranja, se encuentra en la isla de Volcano.

El *teluro*, que es tambien uno de los cuerpos simples más raros, existe, en estado nativo, en forma de láminas ó tablillas cristalinas con brillo metálico blanco: arde con un olor particular. D. = 2, 5; P. E. = 6, 4. Se encuentra asociado frecuentemente á metales, y las más veces al oro.

Grupo del Arsénico. Arsénidos.

45. Este metal venenoso se encuentra en gran número de compuestos metálicos, por ejemplo, en el mispikel, nikelina y los arseniuros de cobalto, plata, etc. Todos los minerales arseníferos desprenden al soplete un vapor blanco con fuerte olor de ajos, debido al ácido arsenioso, que es un veneno muy fuerte.

El *arsénico nativo* es raro, y sólo se encuentra, en forma de pequeños cristales aciculares ó en pequeñas masas compactas y redondeadas, en Erzgebirge ó montes metalíferos, y en el Harz. Tambien existe en los minerales de plata explotados antiguamente en las inmediaciones de Cazalla de la Sierra, provincia de Sevilla. En sus fracturas recientes presenta un brillo metálico blanco de estaño ó gris, pero se ennegrece en seguida á le accion del aire. D. = 3, 5; P. E. = 5, 7. El arsénico se encuentra asociado muchas veces al antimonio y á la plata.

La *flor de arsénico, arsénico blanco, ácido arsenioso*, As^2O^3, no se encuentra sino en cantidades insignificantes, las más veces en forma irregular, de color blanco y brillo diamantino, formando depósitos harinosos sobre los arseniuros que hemos nombrado ántes, y que lo producen descomponiéndose en su superficie.

El *realgar*, AsS, ú *orpimento rojo*, es el protosúlfuro de arsénico; cristaliza en prismas romboidales oblicuos,

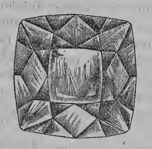
pero se presenta tambien en masas compactas. Tiene brillo graso, color rojo vivo y dá una raya amarilla. Se emplea como color en pintura y en los fuegos de bengala blancos. Encuéntrase con bastante frecuencia, por ejemplo, en Andreasberg, Harz. El orpimento amarillo (As^2S^3) es el persúlfuro de arsénico: rara vez cristaliza, pero es frecuente hallarlo en pequeñas masas compactas y redondeadas, asociado al precedente. Su aspecto es graso y su color amarillo de limon vivo, por lo que se utiliza en pintura.

Grupo del Carbono. Carbónidos.

46. *Diamante.*—Se encuentra cristalizado en diversas formas del sistema regular, y las caras de sus cristales son las mas veces ásperas, estriadas ó curvas. Tiene la dureza mayor de todos los minerales, =10; P. E. = 3, 5 á 3, 6. Clivable, diáfano y casi siempre incoloro, posée el brillo más vivo y el mayor poder refringente, por todo lo cual es la más estimada de las piedras preciosas. Yace principalmente en los terrenos de aluvion y en los depósitos pedregosos de las formaciones recientes, hallándose los más ricos yacimientos en la India (Bundelconda, Golconda), de donde provienen los mayores diamantes conocidos, y en el Brasil (Minas Geraes, Tejuco), que suministra actualmente el mayor número. Desde 1829 se han encontrado de vez en cuando yacimientos de poca importancia en los montes Urales, y recientemente se han descubierto muy ricos al sur-este de Africa, en la república de Transvaal. Con frecuencia tambien se recogen diamantes en las arenas de los rios, lavándolas. Su peso en el comercio es el quilate, que equivale á 212 milígramos. Un quilate de pequeños diamantes, como los que sirven para cortar el vidrio, ó los que, reducidos á polvo,

se emplean en tallar y pulir los mayores, cuesta de 30 á 38 pesetas, y 100 pesetas próximamente, el quilate de diamante bruto, á propósito para ser tallado. Tratándose de diamantes tallados (brillantes), el de un quilate de peso vale de 220 á 300 pesetas, y este precio aumenta progresivamente con el volúmen, en una relacion tan grande, que un brillante de cinco quilates puede costar de 4 á 6,000 pesetas ó más. Como rarezas de valor casi inapreciable, se encuentran en los tesoros de muchos soberanos diamantes de 136 á 200 quilates. Citaremos, como ejemplos, el célebre del Gran Mogol, llamado Kohi-nor, es decir, *Montaña de luz*, que pesaba cuando lo adquirió la reina de Inglaterra 186 quilates, y el brillante que representa en su tamaño natural la fig. 56, de 136 quilates,

Figura 56.



conocido con el nombre de *el Regente*, porque lo compró el duque de Orleans, regente de Francia, por dos millones quinientos mil francos: en 1848 fué inscrito por valor de ocho millones de francos en el inventario de joyas de la corona de Francia.

El *grafito*, plombágina ó mina de plomo, se encuentra en cristales tabulares pertenecientes al sistema exagonal, pero las más veces en láminas ó escamas. D. = 1 á 2; P. E. = 1, 8 á 2, 4. Se distingue por ser cli-

vable, de color gris de acero ó negro, graso al tacto y por manchar los dedos. Hállase, diseminado en diferentes rocas, en Baviera, Inglaterra, Rusia y otros puntos. Los ingleses poseen un magnífico yacimiento en Borrowdale. En España se encuentra tambien en diferentes lugares: hemos visto un yacimiento al piè del Pico del Cuervo frente á Carratraca; otro en el camino de Lora del Rio á Constantina, provincia de Sevilla, y en algunos otros sitios.

El grafito de calidad inferior se usa para envolver el hierro con el fin de preservarlo de la oxidacion, ó para hacer crisoles refractarios; con el de mejor calidad se fabrican los lápices de mina de plomo.

La *antracita* se compone de masas compactas, de fractura concoide. D.=2 á 2, 5; P. E.=1, 4 á 1, 7; tiene color gris negruzco y arde dejando pocas cenizas. Se encuentran sus yacimientos, algunos bastante potentes, en montañas de formacion antigua, por ejemplo, en Sajonia y en Harz. Se utiliza en las fundiciones para los trabajos que exijen un calor intenso; pero no arde bien sino en hornos, cuyos fuelles envien gran cantidad de aire.

La *hulla*, ó carbon de tierra, yace en masas irregulares, esquistoideas, fibrosas, compactas ó terreas; tiene fractura concoide, desigual, rara vez lisa, y el color negro, brillante, alguna vez opaco. D.=2 á 2, 5; P. E.= 1, 5 á 1, 15; al soplete arde con olor bituminoso dejando cenizas. La hulla contiene hasta el 90 por 100 de carbono, con proporciones variables de oxígeno, hidrógeno y ázoe: está mezclada, además, con materias minerales, sobre todo, con pirita de hierro, cuya cantidad se eleva á veces hasta el 20 por 100. Se distingue de la hulla delgada ó del lignito que vamos á estudiar, en que no comunica color oscuro á la legía de potasa; siendo muy raro, además, que pueda reconocerse fácilmente su orígen vegetal.

Considerada bajo el punto de vista de su estructura,

ofrece muchas variedades, de las cuales las *más* importantes son: la *hulla esquistosa* ú *hojosa*, dispuesta en láminas ú hojas dotadas frecuentemente de reflejos irisados; la *hulla basta*, en hojas espesas, de granos gruesos y fractura desigual; la *hulla fibrosa*, en la que se distinguen fibras como en el carbon vegetal, y que se encuentra bien caracterizada, sobre todo, en Kusel, Baviera Renana; la *hulla compacta*, ó candle-coal de los ingleses, de fractura groseramente concoide, y brillo graso débil: la *hulla piciforme*, muy fácil de hender, de fractura concoide incompleta, fuerte brillo resinoso y tinte negro como la pez, por cuya cualidad es usada con frecuencia como color y para hacer pequeñas bujerías de azabache; por último, la *hulla fuliginosa*, terrea, fácil de desmenuzar y que mancha fuertemente.

Por sus usos técnicos, se hacen otras muchas divisiones de la hulla: citaremos, por via de ejemplo, el carbon *bog-head*, el mejor para la fabricacion del gas del alumbrado.

Todas estas variedades de hulla se encuentran por lo comun en las diferentes capas de un mismo yacimiento, alternando entre sí ó formando transiciones diversas. De las localidades y extension de sus principales yacimientos, trataremos en la seccion geológica de esta obra.

El *lignito* presenta casi siempre en su estructura el tejido leñoso de los árboles de que está formado, pero se encuentra tambien con frecuencia en estado esquistoso, compacto ó terroso, y con fractura concoide: D. = 1 á 2,5; P. E. = 0,5 á 1,7: su color varía del negro al oscuro y amarillo oscuro. Tratado con la legía de potasa da una solucion parda, y arde con un olor empireumático, dejando más ó ménos cenizas. La proporcion de carbono en el lignito es de 70 ó á lo más de 80 por 100, con cantidades variables de oxígeno y de hidrógeno. Lo hay de diversas especies: la *madera bituminosa* ó *fosil*, en la cual está

muy bien conservada la estructura leñosa; el *lignito comun*, en parte leñoso, en parte compacto, presentando frecuentemente restos de hojas, semillas y frutos; el *lignito de los pantanos*, compacto ó resquebrajado irregularmente, y dividiéndose en fragmentos angulosos; el *lignito papiráceo*, en hojas delgadas como el papel, que se encuentra cerca de Bonn con impresiones de peces y hojas, y se utiliza en la fabricacion de la parafina; el *lignito azabache*, en masa compacta ó hendida, de color negro de carbon, semejante á la hulla, no presentando sino raras veces la estructura leñosa, y que proviene del lignito ordinario por via de compresion y por influencia de erupciones basálticas, segun se observa en el monte Meissner, en Hesse; el *lignito terroso*, térreo, pulverulento, fácil de desagregar, variando del amarillo claro al negruzco, y cuya mejor especie da el color llamado *tierra de Colonia ó de sombra*; la *tierra aluminosa*, llamada tambien *esquisto aluminoso* ó mineral de alumbre, que consiste en una masa terrosa, compacta y groseramente esquistosa, conteniendo mucha pirita de hierro y de alúmina, por lo cual sirve para fabricar la alcaparrosa verde y el alumbre, principalmente en Bouchswiller, en la Alsacia.

En cuanto á los otros cuerpos de naturaleza carbonosa, tales como la turba y el humus, y á más detalles sobre los minerales carbónidos que acabamos de describir, nos remitimos á los párrafos 52, 211 y 215 de nuestra *Química*.

Grupo del Silicio.—Silícidos.

47. El *silicio* no se encuentra sino en combinacion con el oxígeno, en el estado de *ácido silícico*, SiO^2, llamado de ordinario *sílice*, de la piedra que lleva el nombre *sílex*. Esta únicamente consiste en ácido silícico; pero la

sílice forma, además, por su combinacion con los óxidos metálicos, gran número de minerales, que se han reunido con el nombre de *silicatos* en una clase particular. Los minerales que se componen de sílice pura ó contienen sólo pequeñas cantidades de óxidos colorantes, se llaman cuarzos, y forman una familia aparte. La sílice hidratada constituye el *ópalo* y demás especies de la familia de este nombre.

Familia del Cuarzo.

48. Cristaliza en el sistema exagonal, cuyas formas más comunes son las representadas en las figs. 1 y 2; pero las más veces el cuarzo se encuentra en estado de masa cristalina, compacta ó granulosa. Su fractura es concoide; D. = 7; P. E. = 2,5 á 2,8. Blanco y límpido como el agua, trasparente ó coloreado de los más variados matices, es insoluble en todos los ácidos, ménos en el florídrico, é infusible al fuego del soplete; pero se funde con la sosa en un vidrio trasparente, da chispas vivísimas al eslabon, y frotando dos fragmentos *fosforesce* y despide chispas. Sus especies son las siguientes:

El *cristal de roca ó cuarzo hialino*, que se encuentra en los terrenos más diversos, en forma de hermosos prismas exagonales, trasparentes y de notable tamaño. Los más bellos cristales provienen de las cavidades del monte San Gotardo, en los Alpes suizos, y de la isla de Madagascar, de donde se han sacado fragmentos de pureza y magnitud extraordinarias, que no bajaban de 15 á 20 piés de circunferencia. En España abundan en Sierra Morena, Andalucía y Extremadura, y el Gabinete de la Universidad de Sevilla posée magníficos ejemplares procedentes de estas provincias. Se utiliza este cristal para objetos de joyería y como ingrediente en la composicion de los

vidrios más puros. Con frecuencia se presenta ligeramente coloreado, por ejemplo, en amarillo pálido (cuarzo citrino), ó en oscuro pálido (cuarzo *ahumado*), y no es raro tampoco encontrar en él minerales extraños, que se le han incorporado en estado de pajillas y otras formas.

La *amatista*, ó cuarzo de color violeta, está formada de cristales que se presentan las más veces amontonados en geodas aisladas y perfectamente desarrolladas, y abunda sobre todo en las cavidades vesiculosas de las rocas porfídicas y amigdalóideas. Como piedra preciosa es muy vulgar y de poco valor en joyería: los antiguos la usaban como amuleto para preservarse de la embriaguez.

Se llama *cuarzo comun* el que no se presenta yá en cristales puros, sino en estado cristalino ó compacto, ó en fragmentos, guijarros ó granos de arena: en estado granuloso se encuentra asociado á otros minerales en diversas rocas, como el granito, la grauwaka y el pórfido. No es raro ver el cuarzo sin mezcla constituyendo masas potentes, y entónces se enumera entre las rocas con el nombre de *cuarcita*. Por lo general está muy esparcido, y sus variedades más puras se explotan para la fabricacion del vidrio, de la porcelana, etc. Por lo comun es blanco y trasparente, pero hay variedades coloreadas que reciben nombres particulares. Tales son: el *cuarzo rosa*, el *cuarzo prasa* ó *verde*, el *cuarzo azul* ó *siderita*, el *cuarzo cambiante* ú *ojo de gato*, la *venturina*, que por contener pajillas amarillas y rojizas de mica, es una linda gemma. El *cuarzo ferruginoso*, mezclado con arcilla y hierro, que le presta color rojo ó castaño, es compacto ó cristalizado, y suele presentarse en agrupaciones de pequeños cristales prismáticos; se encuentran sus más bellos ejemplares en Santiago, conocidos con el nombre de *jacintos de Compostela*. Tambien merecen citarse los *fulguritos* ó *tubos fulminarios*, que consisten en granos de cuarzo vitrificados y aglutinados por chispas eléctricas caidas en capas de

arena, y formando en el suelo tubos de profundidad variable.

La *calcedonia* es un cuarzo más ó ménos opaco, que se encuentra en forma de bolas, racimos ó riñones, con los más variados colores y dibujos de todas clases. La de color rojo ó amarillo se llama *cornalina* ó *sardónica;* la de color verde *crisoprasa*, y tambien *heliotropo* si tiene además puntos amarillos ó de rojo de sangre. La calcedonia de estrias blancas y negras se distingue con el nombre de *onix*, y con el de *sardonix* cuando las estrias son blancas y rojas.

El *ágata* es un bello mineral, de colores y dibujos muy variados, que consta de una mezcla de muchas clases de cuarzo, especialmente de amatista, calcedonia y jaspe.

Las especies de cuarzo que acabamos de estudiar, se tallan y pulimentan, formándose con ellas diversos objetos de arte ó de bisutería, como perlas, sellos, sortijas, eslabones de broches, etc. Con las ágatas se hacen tambien morteros para triturar cuerpos duros, y piedras para pulir y lustrar. La onix suministraba yá en la antigüedad la materia más estimada para tallar camafeos, para los cuales se sacaba gran partido de su coloracion en bandas alternativas. En Oberstein, en las montañas de Hundsruck, donde abundan las ágatas, la fabricacion de estos objetos constituye una industria muy importante; sin embargo, los más hermosos ejemplares que se emplean hoy provienen de otros países.

Tambien se sabe dar á estas piedras colores artificiales, cociéndolas durante meses enteros en miel, y colocándolas despues en ácido sulfúrico.

El *silex*, *piedra de fusil* ó *de chispa*, se halla en riñones bastante grandes, sobre todo en Champagne y en las inmediaciones de París. Su color varía del gris amarillento al oscuro, y su fractura es perfectamente concoi-

de. En el período prehistórico llamado *edad de piedra*, el silex era el que principalmente se utilizaba para fabricar puntas de flecha ó de lanza y utensilios cortantes de toda especie. Más tarde adquirió suma importancia por su aplicacion para encender fuego con el eslabon y al fusil de chispa; pero en nuestros dias la ha perdido del todo, desde la invencion de los fósforos y de la pólvora fulminante.

El *sílex córneo* es un cuarzo que tiene cierta analogía con la piedra de fusil; pero su fractura es esquistosa y muy semejante á la del cuerno. Tambien tiene aquí su lugar el *sílex leñoso*, que tiene enteramente la estructura de la madera, y que no es en efecto otra cosa que madera petrificada por haber penetrado en ella el ácido silícico.

El *jaspe*, por contener mayor proporcion de alúmina y de óxido de hierro, es opaco, muchas veces mate y de ménos brillo que los minerales precedentes. Se encuentra de todos colores, entre los cuales predominan, sin embargo, el amarillo, el rojo y el castaño.

El *cuarzo esquistoso, lídico* ó *piedra de Lidia*, es un mineral ennegrecido por el carbon, compuesto de cuarzo, alúmina, cal y óxido de hierro, y que se usa como piedra de afilar ó de toque (*Química*, pár. 107).

FAMILIA DEL ÓPALO.

49. El ópalo constituye un género especial de cuarzo, que contiene de 3 á 13 por 100 de agua combinada químicamente, que no cristaliza, sino que se encuentra comunmente en masas compactas semejantes al vidrio ó la porcelana, distinguiéndose algunas especies por el juego de colores cambiantes ó irisados que se llama *opalescencia*. Esta propiedad es notable sobre todo en el *ópalo*

noble ó *de Oriente*, que encanta por sus brillos verdes, rojos, azules y amarillos, por cuya razon es una de las más preciosas joyas. El *semiópalo* ú *ópalo comun* no refleja más que un solo color. El *hidrófano*, llamado tambien *ojo del mundo*, llama la atencion porque no adquiere la trasparencia é irisacion sino despues de haber sido humedecido con agua. La *hialita* ú *ópalo vítreo* tiene la forma de pequeños cuerpos redondeados, semejantes á gotas límpidas de agua ó de hielo, y que se encuentra en depósitos amontonados sobre otros minerales.

La *geyserita*, ó *tuf de ópalo*, es un cuarzo hidratado, que depositan en formas diversas las aguas de ciertas fuentes termales, especialmente los geysers de Islandia. El *gouhr silíceo* es un depósito térreo que se forma en las aguas, conteniendo sílice; visto al microscopio, aparece casi enteramente compuesto de esqueletos silíceos de lindas plantas, invisibles á simple vista, de la familia de las algas *diatómeas*. Con el nombre de *tierra de infusorios* ó de *esquisto para pulimentar*, el cuarzo hidratado se usa en las artes de diversas maneras para afilar ó pulir, como ingrediente del vidrio soluble ó de ciertos almácigos, etc.; constituye tambien buena parte de las tierras comestibles para ciertos salvajes de América.

Grupo del Boro.

50. El boro es raro en la naturaleza, y no se encuentra sino en combinacion con el oxígeno, en estado de *ácido bórico*, $3H^2O,B^2O^3$: éste presenta la forma de láminas cristalinas ó de depósitos que revisten el suelo en las inmediaciones de las fuentes de los terrenos volcánicos; P.E.=1,48. Desmenuzable, trasparente, blanco, de sabor acidulado y un poco amargo, se funde fácilmente colorando la llama de verde, y se disuelve en el agua y el

alcohol. Ora se deposita en los bordes, ora en el fondo de las fuentes ó lagos volcánicos (llamados *lagoni* ó *soffioni*), principalmente cerca de Sasso (de donde proviene su nombre de *sassolina*), en las inmediaciones de Castelnovo, y en otras localidades de la Toscana, así como en la isla de Volcano.

II.—Clase de los Metales ligeros.

Grupo del Potasio.

51. La mayor parte y los más importantes de los minerales que contienen potasio, pertenecen á la clase de los silicatos. Entre las otras sales de potasa citaremos:

El *salitre*, K^2O,NO^5, que cristaliza en prismas romboidales, pero las más veces forma depósitos de agujas cristalinas, que se encuentran en muchos lugares. Estas eflorescencias se observan en gran cantidad en el suelo de la India, en las orillas del Ganges, de donde se extrae la sal para desengrasar las tierras. Tambien en Hungría existen grandes fábricas de salitre.

El *sulfato de potasa*, K^2O,SO^3, perteneciente al mismo sistema cristalino, se encuentra algunas veces en las lavas volcánicas. El *cloruro de potasio* ó *silvina*, KCl, yace como eflorescencia sobre rocas volcánicas, ó en estado cristalizado en las minas de sal gemma.

Grupo del Sódio.

52. El *nitrato de sosa*, ó *salitre de sosa*, Na^2O,NO^5, cristaliza en el sistema exagonal en romboedros obtusos,

pero se encuentra sobre todo en estado de másas cristalinas de gran potencia, yacentes principalmente en el Perú, distritos de Atakama y de Tarapaca, en una extension de más de cuarenta leguas, y en capas de dos ó tres piés de espesor: constan estas masas casi enteramente de sal pura, seca y dura, y están á veces al descubierto, apénas revestidas de una ligera capa de arcilla y de arena. En otros lugares se encuentra tambien el nitrato de sosa, como ingrediente principal de ciertos depósitos arenáceos. Purificado más ó ménos, constituye, con el nombre de *salitre de Chile*, un artículo de comercio importante, con el cual se fabrica el salitre y el ácido nítrico, utilizándose además como abono mineral.

La *sal gemma* (sal marina ó de cocina, cloruro de sódio, NaCl, *Química*, pár. 78) cristaliza en el sistema regular en cubos; pero lo más comun es encontrarla en masas cristalinas formando placas, ó en estado lamelar ó fibroso. Muy clivable en el sentido de las caras del cristal, tiene fractura concoide, color ordinariamente blanco, y á veces amarillo, rojo, verde ó azul. D. =2; P.E.=2,2 á 2,3. La potencia de sus yacimientos es tan grande, que por esta razon es contada en el número de las rocas. Va siempre acompañada de yesos, y con frecuencia de algunas otras sales, lo cual prueba que en todos los períodos do la vida de la Tierra se han formado depósitos salíferos, por consecuencia de la desecacion lenta de las cuencas de agua marina. El mar Muerto nos presenta este proceso en actividad, y aparece evidente sobre todo en el depósito descubierto por medio de sondadas cerca de Stassfurt, en Prusia. Tiene este depósito una potencia de cuatrocientos metros, y presenta en su parte inferior una capa de doscientos cincuenta metros, consistente en sal gemma pura, atravesada de bandas ó capas muy delgadas de yeso anidro; la cual, en los bancos siguientes, aparece mezclada con sales más solubles, como el cloruro de potasio y el

sulfato de magnesia; viniendo, en fin, la capa superior, compuesta de cloruros de potasio y de magnesio, y que representa el residuo desecado de las aguas madres. El fondo sobre que descansan los depósitos salíferos consiste en yeso, que difícilmente se disuelve y es el primero en precipitarse: en Stassfurt aún no se ha llegado á esta capa.

Otros depósitos salíferos muy importantes se han descubierto recientemente por sondadas en las inmediaciones de Inowraclam (Posnania) y de Scherenberg (Lusacia), este último de mil metros de potencia. Salinas célebres y conocidas hace mucho tiempo son las de Hallein, de Berchtesgaden y de Reichenhall, en el país de Salzbourg, y sobre todo la de Wieliczka, en Galitzia, que forma una especie de ciudad subterránea, con edificios de todas clases, y cuyas galerías, dispuestas en cuatro pisos, tienen un desarrollo total de unos 550 kilómetros. En esta mina se encuentra lo que se llama *sal crepitante*, que se disuelve en el agua con crepitacion y desprendiendo burbujas de gas hidrógeno puro ó carbonado, que se hallan alojados entre las caras cristalinas de la sal. Inglaterra posée ricos depósitos salíferos cerca de Liverpool, y los hay tambien en las dos Américas, así como en Asia, á lo largo del Indus.

En España podrian explotarse muchos depósitos salíferos en las provincias andaluzas, principalmente en Cádiz, Sevilla y Córdoba; pero la abundancia de esta materia, indispensable para la vida, en las costas del mar de estas provincias, hace que no se piense en ellos. Tambien tenemos en España el único depósito superficial que se conoce de este mineral, pues los que hemos citado son todos subterráneos. En Cardona, Cataluña, se levanta al aire libre una roca de sal gemma, famosa yá en la antigüedad, en forma de montículo, de una legua de circunferencia y una altura de 160 metros; es una masa de sal

pura, semejante á enorme hielo por los dientes y agujas de que está erizada.

Fenómeno notable es tambien la eflorescencia de la sal de cocina, que se produce en la superficie de los suelos que están impregnados de ella. Así, hay en muchos países grandes extensiones de terreno cubiertas de una capa de sal en estado cristalino ó granuloso; tal sucede en las *estepas* saladas del Asia Central, en el Atlas, Africa, y en ciertas regiones de la América meridional. Debemos mencionar tambien los *lagos salados*, que por evaporacion depositan el cloruro de sodio, como los de las estepas del país de Kirghiz y los de Crimea, cuyas aguas tienen de 13 á 24 por 100 de sal.

Entre las otras sales de sosa de menor importancia, se encuentran como minerales: los *sulfatos de sosa* anidros é hidratados, la *tenardita*, Na^2O,SO^3, y la *glauberita*, Na^2O,SO^3+10H^2O; dos especies de *carbonato de sosa*, uno muy hidratado, Na^2O,CO^2+10H^2O, y otro ménos hidratado, el *urão* ó *trona*, $2Na^2O,3CO^2+4H^2O$. Este último, que tiene en las artes las mismas aplicaciones que el carbonato de sosa artificial, abunda en el interior de Bervería, provincia de Sukena, depositado en la superficie del suelo, así como en Armenia y en los lagos de Natron del Egipto. Es de notar que en los lugares citados, como en otros muchos, estas sales de sosa se encuentran muchas veces juntas, y así se hallan sobre todo disueltas en las aguas minerales.

El *borato de sosa*, $Na^2O,B^2O^3+10H^2O$, se denomina en estado de mineral *borax* ó *tinkal*, y se encuentra en el Tibet en el fondo y orillas de un lago. Sus cristales tienen por tipo el prisma clinorómbico; D. = 2 á 2, 5; P. E. = 1, 5 á 1, 7.

Grupo del Amoniaco.

53. Las combinaciones del amoniaco son cuerpos muy volátiles, y por esta razon, sin ser enteramente raros en la naturaleza, se hallan sin embargo en cantidades muy insignificantes, y las más veces en eflorescencias ó en capas superficiales. Así encontramos la *sal amoniaco* y el *sulfato de amoniaco* en las cavidades y grietas de las lavas de los volcanes en actividad, y en las minas de lignito, sobre todo en las inmediaciones de las capas que están en combustion ó lo han estado.

Grupo del Calcio.—Calcidos.

54. Este metal forma un grupo numeroso de minerales, caracterizados por una dureza y densidad medias, y por el predominio del color blanco. Los más notables son:

El *espato fluor* ó *fluoruro de calcio*, $CaFl^2$, que cristaliza en várias formas del sistema regular, lo más frecuente en cubos. Es muy fácilmente clivable, y tiene fractura concoide; D.=4; P. E.=3,1 á 3,17. Trasparente ó traslucido, rara vez es incoloro, presentando de ordinario el matiz violeta, azul, rojo, verde ó amarillo. Algunos cristales toman el color azul á la luz reflejada, y el verde esmeralda á la luz trasmitida, de donde proviene el nombre de *fluorescencia*, dado á las variaciones de color de este género que se observan en los demás cuerpos. Calentándolo más ó ménos, el espato fluor adquiere la propiedad de emitir en la oscuridad luces azules ó verdosas, cuyo fenómeno se llama *fosforescencia*.

El espato fluor se encuentra con frecuencia, pero no

en masas considerables. Su nombre *fluor* proviene de ser utilizado para *fluidificar* ó activar la fusion de ciertos metales; y se llama *piedra fluor* ó *tierra fluor* cuando se halla en estado de piedra compacta ó de masa terrosa.

La *anhydrita*, CaO,SO^3, ó *sulfato de cal anhydra*, yace en las inmediaciones del yeso y de la sal gemma, ya en estado cristalizado, ya en el radiante, granuloso ó compacto.

El *gipso* ó *yeso*, CaO,SO^3+2HO^2, es un sulfato de cal hidratada, cuyos cristales tienen las más veces la forma de tablillas, y se dejan dividir en hojas muy delgadas y flexibles. Pertenecen al sistema clinoromboidal, como muestran las figuras 57 y 58, que representan dos

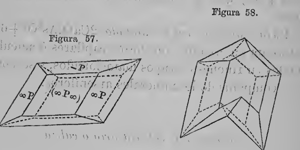


Figura 57. Figura 58.

cristales de yeso, de los cuales el segundo es gemelo: D.=2; P. E.=2 á 2, 4. Posée la doble refraccion, brillo vítreo y ordinariamente color blanco. El yeso así conformado se llama *espato selenitoso*, *selenita* ó *vidrio de María*. Existen, además: el yeso fibroso ó espumoso, el compacto ó granuloso, llamado *alabastro yesoso*, y el térreo.

La *apatita*, denominada tambien por su color verde claro *esparragolita*, es un mineral compuesto de fosfato de cal, fluoruro y cloruro cálcico, correspondiendo á la fórmula $3\,(3CaO,P^2O^5)+Ca\left\{\begin{matrix}Cl^2\\Fl^2\end{matrix}\right\}$. Cristaliza en el sistema exagonal, las más veces en prismas cortos ó en

gruesas tablillas, por lo comun con suma riqueza de caras combinadas. Ordinariamente se encuentra diseminada en varias rocas.

Mineral muy útil es la *fosforita*, que se presenta en fragmentos finamente cristalinos, mamelonados ó en riñones, cuyo color es verde amarillento, y su composicion fosfato de cal mezclado con cal carbonatada. Se utiliza en grandes cantidades como abono en lugar de huesos pulverizados, y se encuentra en capas de gran extension en la provincia de Badajoz, Extremadura, y en vários puntos de Andalucía, así como en Inglaterra, Noruega y cerca de Limburgo en Alemania.

La *osteolita* es una cal fosfatada terrosa, pero blanca y casi pura, que se encuentra en la Wetteravia, Alemania.

La *farmacolita*, ó *cal arseniatada*, $2CaO,As^2O^5+6H^2O$, se presenta en cristales incoloros, capilares ó aciculares, reunidos en riñones ó grupos mamelonados, y se encuentra en compañía de los minerales arseníferos.

Carbonato de cal; calcáreo ó caliza.

CaO,CO^2

55. Este mineral ofrece un ejemplo de dimorfismo, puesto que cristaliza en formas pertenecientes á dos sistemas diversos, por cuya razon sus especies se dividen en dos familias: la del espato calizo y la del aragonito.

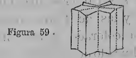
1. El *espato calizo*, ó *de Islandia*, cristaliza en el sistema exagonal, sobre todo en modificaciones del romboedro ó del escalenoedro, talmente numerosas, que se han observado yá más de setecientas formas diversas. Afortunadamente los otros caractéres del espato calizo

son á propósito para reconocerlo fácilmente. Es perfectamente clivable, de fractura concoide, esquillosa y desigual. D.=3; P. E.=2, 6 á 2, 17; se electriza por frotacion, se disuelve en los ácidos fuertes con efervescencia debida al desprendimiento de ácido carbónico, y se trasforma por la calcinacion en cal viva. Comprende muchas variedades, que son:

A. El *espato calizo cristalizado*, llamado tambien *espato doble*, porque posée en sumo grado la propiedad de operar la doble refraccion de los rayos luminosos. Se presenta comunmente en forma de cristales en tablillas, de brillo vítreo, trasparentes é incoloros, algunas veces encerrados en geodas, y que se encuentran con frecuencia en todos los terrenos. El espato doble proviniente de Islandia es célebre por su belleza;—B. La *caliza fibrosa*, que se encuentra principalmente en estado de *estalácticas* en las cavernas de las montañas calizas;—C. El *mármol*, ó *caliza granulosa*, muy estimado si es perfectamente puro, blanco, duro, de grano fino y con muy pocas venas coloradas. En este estado se emplea para las mejores obras de escultura, y sus canteras más famosas son las de Carrara en Italia y las de Paros en Grecia. Por el contrario, el mármol colorado, mucho más frecuente, está por lo comun salpicado de manchas y de venas, ó sea *jaspeado*, como suele decirse. Es una de las más hermosas piedras de construccion; sirve en arquitectura para escaleras, columnas, etc.; y muchas veces se imita, por medio del yeso teñido y pulimentado, con lo que se llama estuco. En las provincias de Córdoba y de Sevilla, en los distritos de Cabra y Moron, hay canteras de mármoles de diferentes colores y matices, y tambien en Granada, Almería y otros puntos;—D. La *caliza esquisto-espática* (schieferspath);—E. El *calcáreo tufáceo* ó *espumoso;*—F. La *piedra de cal* ó *calcáreo compacto*, en la que no se

distingue estructura cristalina, y que se presenta ordinariamente en grandes masas, en montañas calizas, unas veces formadas ó incrustadas de fósiles marinos, otras de agua dulce. Esta especie se encuentra en todos los terrenos, en formas y colores muy diversos, como la *caliza fétida*, la *margosa*, la *oolítica*, *blechioide*, *tufácea*, etc.; es el agente petrificador por excelencia, y contiene con frecuencia restos orgánicos;—G. El *calcáreo terroso*, ó *creta blanca*, cuyos usos son conocidos de todo el mundo, y que se encuentra en rocas muy extensas en todos los puntos del globo, en Andalucía (provincias de Córdoba y Sevilla), y especialmente en Francia (Champagne). El *agárico mineral* ó *leche de luna*, es una cal carbonatada, de textura más fina y tierna aún que la de la tiza ó creta.

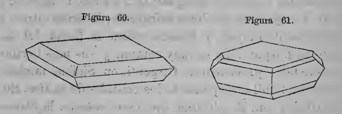
2. El *aragonito*, cuyos cristales pertenecen al sistema rómbico, se presenta lo más frecuente en prismas de corte romboidal, ya aislados, ya en haces, que producen muchas veces grupos, cuya forma semeja un prisma exagonal (fig. 59). Es clivable, de fractura concoi-


Figura 59.

de ó desigual; D. = 3 á 4; P. E. = 2,9 á 3; trasparente, vítreo, incoloro ó teñido ligeramente de color rojo ó de carne. No es raro encontrarlo en las cavidades vesiculares de los basaltos y otras rocas. Agrupado en prismas exagonales, se encuentra cerca de Valencia y en Aragon, de donde le viene su nombre. Además del aragonito espático ó cristalizado, se halla tambien el *rayado* ó *fibroso*, que forma las *pisolitas* de los baños de Carlsbad, y el aragonito coraloideo, que se llama *flor ferri*.

Grupo del Bario.

56. El *sulfato de barita*, BaO,SO^3, *espato pesado* ó *baritina*, cristaliza conforme al sistema rómbico en prismas de base romba, que presentan numerosas modificaciones, de las cuales las más conocidas son de forma de tablillas (figs. 60 y 61). Bien clivable, tiene fractura incom-


Figura 60. Figura 61.

pletamente concoide; D. = 3 á 3,5; P. E. = 3 á 4,58, y por su densidad se distingue fácilmente de los minerales espáticos que se le parecen. Es trasparente, de doble refraccion y brillo vítreo; colora la llama del soplete en verde, y cuando se calienta ó calcina, fosforesce, es decir, que brilla en la oscuridad durante algun tiempo. En estado claramente cristalizado, no se encuentra este mineral en rocas ó grandes masas, sino frecuentemente en forma de capas ó de losas de bastante potencia y acompañado de minerales diversos: su color es blanco, algunas veces amarillo ó rojizo. La baritina blanca tiene muchas aplicaciones en las artes químicas, y sirve en particular para preparar el color llamado *blanco de barita*. Tambien se presenta en estado radiado, granudo, compacto ó terroso.

El *carbonato de barita*, ó *witherita*, BaO,CO^2, cristaliza en prismas rectos de base romba, y se encuentra principalmente en Inglaterra, donde sirve para los mis-

mos usos que la baritina y, además, por razon de sus propiedades venenosas, para destruir las ratas.

Grupo del Estroncio.

57. El *sulfato de estronciana*, ó *celestina*, SrO,SO^3, cristaliza en el sistema rómbico, las más veces en prismas de base romba. La celestina es perfectamente clivable, y su fractura concoide ó desigual; D. = 3 á 3,5; P.E. = 3,8 á 3,96. Trasparente, de doble refraccion, de brillo vítreo, y comunmente límpida y blanca, colora la llama del soplete en púrpura. No es muy comun, y sus más hermosos cristales provienen de Girgenti, en Sicilia: tambien existe en Conil acompañando los cristales de azufre. Sus variedades son: la celestina *espática* ó *radiada*, la *fibrosa*, que es azulada y se encuentra cerca de Yena, y la *compacta*, que contiene de 8 á 9 por 100 de carbonato de cal. Estos minerales sirven para preparar los compuestos de estronciana (*Química*, párrafo 91).

El carbonato de estronciana, ó *estroncianita*, SrO,CO^2, cristaliza en el mismo sistema. Más raro que el precedente, se encuentra cerca de Strontian en Escocia.

Grupo del Magnesio.

58. El *óxido de magnesio*, ó la *magnesia*, MgO, se encuentra con el nombre de *periclasa* en estado de pequeños octaedros, que contienen tambien protóxido de hierro.

La *boracita*, ó el *borato de magnesia*, al cual está asociado un poco de cloruro de magnesio, y cuya fórmula es $2(3MgO,4B^2O^3)+MgCl^2$, pertenece al sistema regular y cristaliza elegantemente en cubos y en granatoedros;

D. = 7, P. E. = 3. El *hidroboracito* se compone de magnesia y de cal, combinadas con el ácido bórico y el agua. Estos dos minerales son raros, y sólo se encuentran en cristales aislados.

El sulfato de magnesia, *sal amarga* ó *epsomita*, MgO,SO^3+7H^2O, no se encuentra, á causa de su solubilidad, más que en depósitos delgados ó eflorescencias aciculares en las hendiduras de diversas rocas; sin embargo, con el nombre de *Kieserita*, forma capas de una pulgada á un pié de espesor en las salinas de Stassfurt, y cubre grandes extensiones en las estepas de Siberia. La sal amarga está contenida además, en gran cantidad, en las fuentes minerales llamadas *aguas minerales amargas*, como las de Seidschütz, Pullna y Epson, y en varias de España.

El carbonato de magnesia, ó *magnesita*, MgO,CO^2, se encuentra, ya en romboedros obtusos con el nombre de *espato magnesiano* ó *talcoso*, D. = 4, P. = 3; ya en estado de magnesia compacta. Esta última sirve para preparar el ácido carbónico puro y la sal amarga, así como para fabricar los crisoles refractarios.

El carbonato de cal y de magnesia, ó *dolomia*, $(CaO+MgO),CO^2$, se encuentra en masas mucho mayores que la magnesita. Cristalizado en romboedros obtusos se llama *espato amargo* ó *espato oscuro*, el cual es perfectamente clivable, de fractura concoide, D. = 3,5 á 4, P. E. = 2,8 á 3, semistraparente, de brillo vítreo, blanco, ó frecuentemente amarillo ú oscuro, por consecuencia de la mezcla de hierro ó de manganeso. Estos cristales se encuentran las más veces en las hendiduras y cavidades de la *dolomia*, que es el carbonato de cal y de magnesia en estado compacto ó granudo, y una roca cuyas diversas especies tienen la mayor analogía con la caliza ó cal carbonatada. La dolomia blanca y cristalina es como una especie de mármol; la coloreada se asemeja á la caliza ordinaria, y se utiliza para los mismos fines.

La *carnallita*, compuesto delicuescente de cloruros de magnesio y de potasio, blanca algunas veces, pero colorada de ordinario en rojo por partículas microscópicas de mica ferruginosa, es la sal que domina entre las que componen la capa superior del depósito salífero de Stassfurt, y se emplea para la preparacion de ciertas sales de potasa.

Grupo del aluminio.—Aluminidos.

59. El óxido de aluminio ó *alúmina*, Al^2O^3, forma, en combinacion con el ácido silícico, la mayor parte de los minerales, y constituye por lo tanto una gran porcion de la corteza terrestre. Algunos minerales, que consisten únicamente en alúmina, se distinguen por una dureza considerable.

El *záfiro*, ó *corindon noble*, es alúmina pura, con vestigios alguna vez de ácido silícico y óxido de hierro; cristaliza casi siempre en pirámides ó prismas del sistema exagonal; es clivable, de fractura concoide, D.=9, P.E.=4, perfectamente trasparente, de brillo vítreo muy vivo y de hermoso color *azul;* pero tambien se halla á veces teñido de rojo, amarillo, verde ó blanco. Se estima particularmente la variedad roja, designada con el nombre de *rubí*. Los cristales de color *amarillo* se conocen en el comercio con la denominacion de *topacios orientales;* los *azules violetas*, con el de *amatistas orientales*. Cualidades tan preciosas hacen del záfiro una de las piedras más estimadas en joyería. Pequeños cristales se encuentran en algun que otro punto de Europa, pero los ejemplares más hermosos provienen de la India, hallados en los terrenos de aluvion ó en las arenas de los rios que los recorren.

El *corindon comun* se halla en cristales bastos, apénas traslúcidos, por lo comun turbios y de tintes impu-

ros, engastados en rocas macizas. A causa de su dureza, se utiliza, reducido á polvo, para tallar y pulir las piedras preciosas. Una de sus variedades es el *esmeril*, que forma masas compactas ó granudas, y de que tenemos un ejemplo en los micaesquistos de Sajonia. Tiene poco brillo, color azul-gris, y consiste en alúmina, mezclada las más veces con hierro magnético, así como con buena cantidad de mica ferruginosa. La mejor especie se exporta desde los tiempos más antiguos de la isla de Naxos, y aprovechamos su polvo para desgastar ó pulir los metales.

60. La *criolita*, fluororo de sódio y de aluminio, $3NaFl+Al^2Fl^3$, se halla en montones cristalizados, de estructura lamelosa, pertenecientes al sistema exagonal; D.=2,5; P. E.=2,9. Este mineral se encuentra formando capas en la Groënlandia occidental, y nosotros lo empleamos para preparar la sosa cáustica y el aluminio metálico.

El sulfato de alúmina, Al^2O^3,SO^3, con nueve equivalentes de agua, se llama *aluminito*, que se distingue por su forma terrosa y blanca, y no se halla sino en pequeñas cantidades; con veinticuatro equivalentes de agua, y mezcla de hierro, manganeso y magnesia, se llama *alumbre de pluma*, porque forma eflorescencias cristalinas compuestas de filamentos capilares de brillo sedoso. La *alunita*, ó *piedra de alumbre*, es una roca de naturaleza traquítica, que contiene en cantidades variables compuestos de potasa, alúmina y ácido sulfúrico, ora en estado de pequeños cristales romboédricos, ora en masas cristalinas ó compactas y terrosas. El yacimiento principal de este mineral está en Tolfa, cerca de Roma, donde, despues de haberlo calcinado, se extrae de él por medio del agua el *alumbre* llamado de *Roma*.

El *alumbre* ordinario, $K^2O,SO^3+Al^2O^3,3SO^3+24H^2O$, se encuentra, como producto de descomposicion, enmedio

de los esquistos del terreno hullero ó en las inmediaciones de los volcanes, y se presenta en octaedros regulares ó en formas derivadas del mismo sistema. Este alumbre potásico, como vimos en el párrafo 95 de la *Química*, es el primero de una série de alumbres naturales que no se encuentran sino en pequeñas cantidades, y todos los cuales son minerales isomorfos, en los que se observan sustituciones que reemplazan, ya la potasa por la sosa ó el amoniaco, ya la alúmina por la magnesia ó por los óxidos de hierro ó de manganeso.

El *fosfato de alúmina*, mezclado con un poco de fluor ó de algunos óxidos metálicos, forma minerales designados con los nombres de *turquesa*, *gibbsita*, *wavellita*, *amblygonita*, *lazulita*, etc.; siendo el más importante de todos la *turquesa* ó *callaïta*, piedra de joyería muy estimada, que se encuentra en forma de pequeños riñones ó piezas mamelonadas, con un color variable del azul al verde-claro. Las más hermosas de estas gemmas vienen de Persia ó de la Arabia, y se llaman *turquesas de oriente* ó *de roca antigua*, para distinguirlas de las llamadas de *occidente* ó *roca nueva*, que son imitaciones hechas de dientes ó huesos fósiles, coloradas de azul verdoso por el óxido de cobre.

61. La *espinela* es una combinacion de alúmina y magnesia, representada por la fórmula MgO,Al^2O^3, en que la alúmina desempeña el papel de ácido. Cristaliza en el octaedro regular y en sus modificaciones, y se distingue eminentemente por su dureza, brillo y trasparencia; D.=8; P. E. = 3,8. Es una piedra preciosa muy estimada y de la que se conocen muchas especies, siendo la más fina la espinela noble ó roja, más conocida con el nombre de *rubíespinela*, procedente principalmente de la India. Tambien se distinguen espinelas azules, verdes y negras.

El *crisoberil*, Gl^2O^3,Al^2O^3, es una piedra preciosa, trasparente, verde, de brillo vítreo, que se encuentra en

prismas cortos ó en cristales tabulares del sistema rómbico; D.=8,3; P.E.=3,7.

III.—Clase de los Silicatos.

Grupo de las Ceolitas.

62. Las ceolitas, es decir, piedras hirvientes, porque contienen agua de cristalizacion que hace que al soplete se fundan con hervidero, son casi todas blancas, de brillo vítreo, trasparentes, con una dureza de 3,5 á 6,5 y una densidad de 2 á 3. La mayor parte de las ceolitas son silicatos dobles de alúmina y de uno ó muchos álcalis ó tierras alcalinas, que pueden sustituirse entre sí; las otras son silicatos de cal, y algunas contienen además ácido bórico. Estos minerales son muy interesantes por su composicion química, y sobre todo por lo vario y singular de sus formas cristalinas; pero no hay ninguno que importe estudiar, ni por su abundancia en la naturaleza, ni por sus aplicaciones técnicas.

Por esto nos limitamos á citar algunas de las ceolitas más conocidas, con su fórmula química y su forma cristalina.

La *datolita*, CaO,SiO^2+CaO,BO^3+H^2O.—Sistema clinorómbico.

La *apofilita*, $4(CaO,SiO^2+2H^2O,SiO^2)+KFl$.—Sistema tetragonal.

La *analcima*, $Na^2O,SiO^2+Al^2O^3,3SiO^2+2H^2O$.—Sistema regular.

La *harmotoma*, $BaO,2SiO^2+Al^2O^3,3SiO^2+5H^2O$.—Sistema clinorómbico.

La *estilbita*, $CaO,3SiO^2+Al^2O^3,3SiO^2+5H^2O$.—Sistema clinorómbico.

La *chabasita*, $CaO(Na^2O,K^2O),SiO^2+Al^2O^3,3SiO^2+6H^2O$.—Sistema exagonal.

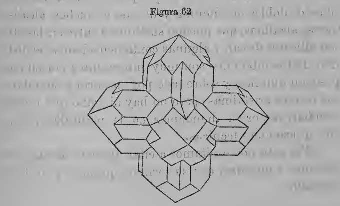
El *mesolipo* ó *natrolita*, $Na^2O,SiO^2+Al^2O^3,2SiO^2-2H^2O$.—Sistema rómbico.

La *tomsonita*, $(CaO,Na^2O)\ SiO^2+Al^2O^3,SiO^2+2H^2O$.—Sistema rómbico.

La *frenita*, $2(CaO,SiO^2)+Al^2O^3,SiO^2+H^2O$.—Sistema rómbico.

La *harmotoma* se llama tambien *piedra de cruz*, porque sus cristales prismáticos se hallan casi siempre en estado de gemelos cruzados. La fig. 62 da el diseño de un cristal

Figura 62



de armotoma sumamente bello, compuesto de tres pares de cristales mellizos. Proviene de Andreasberg, en el Harz.

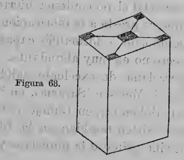
El *mesolipo* es la ceolita más comun, y se denomina tambien *ceolita radiada*, porque sus pequeños cristales prismáticos están colocados como rádios al rededor de un centro, y se dividen en fibras extraordinariamente ténues.

Grupo de las Arcillas.

63. Se entiende por arcilla la combinacion química de la sílice con la alúmina. Los minerales en que la arcilla constituye el ingrediente principal, se presentan, ya en estado compacto ó terroso, ya en el cristalizado, y en este último estado son trasparentes, de brillo vítreo y de dureza que puede llegar hasta 7,5. En ámbos casos las arcillas son difíciles de fundir, é infusibles al soplete.

Las más notables son:

La *andalusita*, $8Al^2O^3,9SiO^2$, que cristaliza en prismas romboidales. D.=7,5; P.E.=3,1 á 3,2; es infusible, y casi siempre de color rojo de carne. La *macla* ó *chiastolita* tiene la misma composicion, y es muy notable por soldarse en cuatro sus cristales, de manera que presenta, cortándola transversalmente, la figura de la letra X (figura 63).


Figura 63.

La *distena*, As^2O^3,SiO^2, que cristaliza en prismas de base romba, y unas veces es incolora, otras de color diverso, lo más comunmente azul, á lo que debe su otro nombre de *cianita*. No es rara, y se halla engastada en el

micaesquisto ó el cuarzo. Las cianitas de color más puro son buscadas como joyas.

64. Las arcillas terrosas tienen color amarillo, rojo ú oscuro, debido al óxido de hierro anhidro ó hidratado. Tales son el *ocre amarillo*, que se emplea como color ordinario, y el *trípoli*, que contiene de 80 á 90 por 100 de sílice, por lo cual sirve para limpiar y pulimentar objetos metálicos; el *bol*, llamado tambien *tierra de Lemnos*, ó *tierra sigilada*, arcilla roja, grasa al tacto, pegajosa á la lengua, empleada antiguamente en Medicina, y que hoy se usa como color rojo, principalmente para la vasijería basta; la *tierra de Sienna*, oscura y usada como color en la pintura y en la impresion; en fin, la *médula de piedra*, que rellena en masas compactas las hendiduras de varias rocas.

La más preciosa de todas las arcillas es la *tierra de porcelana*, denominada tambien *kaolin*, $Al^2O^3,2SiO^2+2H^2O$, que resulta de la desagregacion del feldespato, y forma masas terrosas compactas, blancas ó de color pálido, teniendo por propiedad esencial el no contener hierro. Este mineral es el único que se presta á la fabricacion de la porcelana, y yace amontonado ó formando capas en el granito y otras rocas; pero no es muy abundante.

Hay tierras de porcelana de excelente calidad en Aue, Schneeberg y cerca de Meissen (Sajonia), en Passau (Baviera), en Carlsbad (Bohemia), en Limojes, etc. Sabido es que estas tierras existen tambien en la China y el Japon, de donde nos vino primero la porcelana y luégo el nombre de *kaolin*.

Sin embargo, la *arcilla ordinaria* tiene, para casi todo el mundo, mayor importancia que la tierra de porcelana. Cuando se asemeja en parte á ésta y es blanca, se llama *tierra de pipa*, y *tierra plástica ó de alfarero* cuando es más basta y de diferente color. Toda arcilla es grasa al

tacto, y se pega á la lengua, porque absorve y retiene el agua con avidez. Con más fuerza aún aspira las materias oleosas, por lo que se utiliza para quitar manchas de grasa. Posée la arcilla un olor característico, que parece provenir de la propiedad que tiene de absorver el amoniaco de la atmósfera. Por ser infusible, las piedras artificiales de esta sustancia sirven de materiales refractarios para la construccion de hornos destinados á soportar elevadas temperaturas, como los altos hornos, los de porcelana, de vidrio, etc.

Esta arcilla se usa tambien para la fabricacion de vajilla ordinaria de todas clases. Cuando se mezcla con cal, pierde más y más sus propiedades, especialmente la de ser infusible, y pasa al estado de marga y de tierra gredosa.

Para concluir con esta familia, diremos una palabra de la *piedra de lard*, *agalmatolita*, *pagodita*, especie de arcilla que contiene potasa rojiza ó de gris verdoso, en la cual los chinos tallan figuras representando pequeñas pagodas, ídolos ó monos, las cuales prueban que no tienen de la Divinidad idea muy elevada. Las arcillas comunes son muy abundantes en España, principalmente en Andalucía, provincia de Sevilla.

Grupo de los Feldespatos.

El nombre de *espato* es muy antiguo, y designa sin duda un mineral cualquiera cristalizado y clivable. Los minerales de esta categoría tienen en su composicion química mucha analogía con las ceolitas, excepto que no contienen agua como estas últimas. Su dureza llega hasta 7, su densidad hasta 3,3. Tienen por lo comun brillo vítreo, color vario, y con dificultad se funden al soplete. Los minerales feldespáticos más notables son:

El *feldespato ortosa* ú *ortoclasa*, $K^2O,3SiO^2,+Al^2O^2,3SiO^2$, que cristaliza en prismas clinorómbicos, es perfectamente clivable, de fractura desigual, D.=6, P. E.=2,5, trasparente, de brillo vítreo, blanco ó de rojo de carne, ó bien verde, en cuyo caso se llama *piedra de las amazonas*. Se encuentra, ya en cristales bien conformados, ya en estado cristalino y en masas bastante grandes.

Por lo general, se presenta como parte integrante de diversas rocas compuestas, tales como el granito, gneis, sienita, y de esto proviene su importancia mineralógica. El *feldespato ordinario* es de color turbio, de aspecto fresco y húmedo, y por esto se distingue del *feldespato vítreo*, ó *sanidina*, que las más veces es incoloro, trasparente, hendido con frecuencia en su superficie, y que se encuentra en las rocas volcánicas, como el traquito y el pórfido. Se llama feldespato *adular* una variedad en cristales de brillo muy vivo, incoloros y muy trasparentes; y este mismo mineral se llama *piedra de luna* cuando presenta brillo azulado en el interior de los cristales. El feldespato no cristalizado, pero compacto, se conoce con el nombre de *eurita* ó *felsita*: es ménos puro que los precedentes, y constituye tambien parte esencial de muchas especies de rocas, tales como el *pórfido* y la *fonolita*. El feldespato se desagrega fácilmente, y como entónces el agua se lleva el silicato de potasa, queda la *tierra de porcelana*.

La *albita* ó *feldespato sódico*, $Na^2O,3SiO^2,+Al^2O^3,3SiO^2$, contiene sosa en lugar de potasa, y se presenta comunmente en forma de cristales blancos clinoromboédricos, que son tabulares ó en prismas muy cortos, y en este último caso este feldespato recibe la denominacion de *periclina*. Tambien la albita forma parte constituyente de muchas rocas, como ciertos granitos, dioritas, traquitos y pórfidos.

Los minerales feldespáticos son muy numerosos, pero sólo citaremos aquí algunos, cuyas fórmulas dan á conocer cuán variable es su composicion química.

La *leucita*, $K^2O,SiO^2+Al^2O^3,3SiO^2$.—Sistema regular.

La *nefelina*, $Na^2O,SiO^2+Al^2O^3,3SiO^2$.—Contiene siempre un poco de potasa. Sistema exagonal.

La *anortita* (feldespato calcáreo), $CaO,SiO^2+Al^2O^3,3SiO^2$.—Sistema clinorómbico.

La *oliglocasa*, } compuestos de una mezcla de anortita y
El *labradorito*, } de albita.

La *sodalita*, $3(Na^2O,SiO^2+Al^2O^3,3SiO^2)+2NaCl$.—Sistema regular.

La *haüyna*, $3(Na^2O,SiO^2+Al^2O^3,3SiO^2)+2(CaO,SO^3)$.—Sistema regular.

El *spodumeno* y la *petalita* son minerales con base de litina y análogos á los feldespatos; el *litio* es el elemento más semejante por sus propiedades al potasio y al sódio, y colora la llama de púrpura intensa.

Muchas variedades del *labradorito* son notables por presentar visos azules, verdes, amarillos ó rojos, semejantes á los matices cambiantes del cuello de algunos palomos ó de las alas de algunas mariposas.

Puede colocarse aquí tambien la *lazulita* ó *lápiz lazuli*, silicato de sosa y de alúmina, asociado al sulfuro de alúmina, que se distingue por su magnífico color azul, y se encuentra en Siberia, Thibet y China. Con él se hacen objetos de bisutería y de adorno, y ántes era el único mineral que se aprovechaba para preparar el color llamado de *ultramar*, y por esta razon tenía un precio elevadísimo.

Los minerales siguientes son mezclas de sílice y de feldespato, que se presentan, ya en estado de masas vitrificadas, ya en forma mamelonada, escoriácea ó espumosa. La *obsidiana*, ó *piedra de botellas*, es una materia vítrea, negra ó de verde muy oscuro, que se encuentra en chorros ó en forma de deyecciones en las inmediaciones de los volcanes, y con la que se confeccionan toda clase

de objetos, como botones, cajas, etc.; los naturales de la América del Sur fabrican con ella sus armas é instrumentos cortantes. La *piedra ponce* ó *pómez*, que se halla en montones ó chorros en la vecindad de los volcanes, es una piedra cariada y vítrea, que sirve para desgastar ó pulimentar objetos que no sean muy duros, dado que su dureza no es más que de 4,5; tambien se usa como piedra de construccion y como ingrediente del vidrio ordinario.

La *perlita* es una materia de naturaleza vítrea, color gris, consistente en granos redondeados de estructura testácea, y que forma capas poderosas en las montañas de Hungría y de Méjico; D.=6; P. E.=2,3. La *retinita*, semejante á la pez por sus listas coloradas y su brillo resinoso, forma igualmente masas muy considerables en Hungría y en Sajonia; D.=5,6; P. E.=2,2. Estos dos minerales contienen de 3 á 9 por 100 de agua.

Grupo de los Granates.

66. Los minerales de este grupo tienen formas cristalinas perfectamente desarrolladas, pero que no son abundantes ni de mucho uso en las artes. Su dureza es considerable, variando entre 5 y 7,5; su peso específico, entre 2,6 y 4,3. Se componen principalmente de sílice, alúmina y cal, pero se les asocian por via de sustitucion (párrafo 41) bases tan diversas, que es muy difícil y con frecuencia imposible fijar la fórmula química. Ordinariamente son coloreados, fusibles al soplete y dan un vidrio borácico verde. Además de la *wernerita* y la *axinita*, el mineral más notable de este grupo es la *turmalina*, llamada tambien *eschorlo*. Tiene formas cristalinas muy complicadas, pertenecientes al sistema exagonal, y de las cuales representa una la figura 64. Sus diversas variedades se dividen en dos clases: la de las turmalinas amarillas,

oscuras ó negras, que sólo contienen 34 céntimos de alúmina con mucho protóxido de hierro, y la de las turmalinas incoloras, de gris claro ó rojas, que contienen hasta 44 céntimos de alúmina y casi nada de hierro. Además de la sílice y la alúmina, que son los constituyentes principales, se encuentra tambien en las turmalinas ácido bórico, magnesia, protóxido de hierro, cal, potasa, sosa, litina, manganeso, un poco de fluor y casi 2 por 100 de

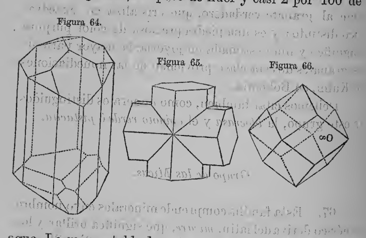


Figura 64. Figura 65. Figura 66.

agua. Lo más notable de este mineral es su propiedad, á la influencia del calor, de electrizarse positivamente en una de las extremidades del cristal y negativamente en la otra. Las turmalinas trasparentes se emplean, como hemos visto en el párrafo 27, en las experiencias de polarizacion.

Notemos que, en la *estaurótida*, los cristales están muchas veces reunidos en grupos cruciformes (fig. 65).

El mineral más conocido de este grupo es el *granate*, que cristaliza en hermosos dodecaedros romboidales (figura 66) pertenecientes al sistema regular. Está compuesto de silicato de alúmina, al que se asocian silicatos de bases metálicas; pero estos últimos varían tanto, como hemos visto en el párrafo 40, que resulta de aquí, así como en

los alumbres, una série de granates diferentes, cuyas propiedades físicas son, sin embargo, bastante parecidas. Los granates se cruzan con dificultad, su fractura es desigual; D. = 6,5 á 7,5; P. E. = 3,5 á 4,2; las más veces son opacos y presentan todos los colores; se encuentran diseminados en las rocas cristalinas, tales como el granito, gneiss, micaesquisto, etc. Suele designarse tambien con el nombre de *granate* al *piropo*, mineral muy semejante al granate verdadero, que cristaliza en exaedros poco distintos, y es una piedra preciosa de color púrpura magnífico y muy estimada en joyería: la mayor parte de los granates de esta clase provienen de las inmediaciones de Kulm, en Bohemia.

Debemos citar tambien, como minerales distinguidos de este grupo, la *idocrasa* y el *epidoto verde* ó *pistacita*.

Grupo de las Micas.

67. Esta familia comprende minerales cuyo nombre genérico deriva del latin, *micare*, que significa brillar, y los cuales cristalizan en láminas muy delgadas, de brillo metálico muy vivo, y que, pulverizadas, dan el color de bronce que se emplea en los papeles pintados y otros usos. Las hojas son muy cruzables, elásticas y de mediana dureza, de donde resulta que la mayor parte de las especies de mica son singularmente lisas al tacto. Su dureza no pasa de 3, y la densidad es de 2 á 3. En cuanto á su composicion química, las micas son silicatos dobles de alúmina y potasa, de magnesia ó de óxidos de hierro, que pueden ser reemplazados en parte por la sosa, la litina, la cal y el agua, por lo que es difícil dar fórmulas precisas de ella.

Se distinguen muchas especies de mica, segun las bases que dominan en su composicion. La *ordinaria*, ó mica de *potasa*, que se llama tambien mica de *dos ejes*,

porque tiene dos ejes de doble refraccion, se halla muy extendida en la naturaleza, sobre todo como parte componente de diversas rocas, constituyendo, por ejemplo, las pajillas brillantes que se notan en el granito, el gneiss y el micaesquisto; ordinariamente es incolora y trasparente, y se encuentra en la Siberia en hojas de tan gran tamaño, que se utiliza como cristal para las ventanas. En la *epidolita* ó mica de *litina*, que tiene color de flor de albérchigo, la potasa está reemplazada en parte por la litina. La mica de *un eje*, ó de magnesia, contiene mayor cantidad de esta sustancia que de potasa, y es por lo comun de color oscuro, verde, castaño ó negro. La *clorita* se distingue por su color verde, que se comunica á las rocas de que forma parte constituyente, al *esquisto cloritado*, por ejemplo, muy abundante en las grandes montañas, sobre todo en los Alpes y Pirineos. Este mineral es una combinacion de sílice y magnesia, pudiendo ser reemplazada esta última en proporciones variables por la alúmina ó el protóxido de hierro, y contiene además hasta el 11 por 100 de agua.

El *talco* contiene 62 por 100 de sílice y 30 por 100 de magnesia, y se presenta en agregaciones de cristales indistintos. D.=1 á 1,5; P.E.=2,5 á 2,7: es liso ó graso al tacto, como el jabon ó el sebo, muy tierno, y blanco ó verde pálido. Se encuentra en los Alpes y otras montañas, constituyendo la roca llamada *esquisto talcoso*, distinguiéndose otra de sus variedades con el nombre de *piedra ollar*, la cual se deja tallar y trabajar al torno y sirve para fabricar vajilla.

Grupo de las Serpentinas.

68. Este grupo comprende minerales blandos, susceptibles la mayor parte de tallarse ,cuya dureza no pasa

de 2,3, que nunca se presentan cristalizados, y que comunmente son opacos, de brillo mediano y difíciles de fundir. Consisten principalmente en silicato de magnesia, coloreado de ordinario por óxidos de hierro, á los que se agrega una proporcion de agua que puede subir hasta 15 por 100. Distinguimos la *esteatita*, muy untuosa al tacto, que sirve para tallar diversos objetos, quitar manchas y como polvo de pulimento; la *saponita*, de propiedades análogas, y la variedad de *magnesita*, que, con el nombre de *espuma de mar*, sirve para fabricar pipas. Esta última se halla principalmente en el Asia Menor. La *serpentina* ú *ofita*, así llamada á causa de las manchas verdosas que asemejan su superficie pulimentada á una piel de serpiente, forma masas compactas, de estructura granular, y en estado de rocas poderosas; D. = 3. Las serpentinas son abundantísimas en Sierra Nevada y en várics puntos del reino de Granada, de donde se extrae en gran cantidad para la ornamentacion de edificios; con ella se confeccionan objetos muy variados, como pequeños morteros, cajas, columnitas, etc. Los minerales análogos á la serpentina son muy numerosos, y uno de los más importantes es el *espato brillante*, que se encuentra diseminado en las rocas serpentinosas en forma de anchas láminas cristalinas, de color negro, verde ó castaño, y de brillo metálico ó nacarado muy vivo.

El *asbesto leñoso*, ó *madera de roca*, consta de masas fibrosas, oscuras, muy bastas, que se dejan hender como la madera, y está compuesto de sílice, magnesia y óxido de hierro.

Grupo de las Augitas.

69. Estos minerales tienen una dureza que varía entre 4,5 y 7; su densidad, entre 2,8 y 3,5; se funden al

soplete, y presentan de ordinario color oscuro, ya verde, ya negro. Sus componentes esenciales son la sílice y la cal, pero esta última puede ser reemplazada en proporciones várias por la magnesia ó el protóxido de hierro, y en muchas augitas se sustituye tambien en parte la alúmina á la sílice. Ofrecen formas cristalinas interesantes, y no es raro encontrarlas en grandes masas, constituyendo partes integrantes de ciertas rocas compuestas. Los miembros más importantes de esta familia son la augita y la hórnblenda, las cuales se subdividen en muchas especies con nombres particulares.

La *augita* ó *piróxena* cristaliza ordinariamente en prismas cortos y gruesos del sistema clinorómbico (figs. 67 y 68), y muchas veces en cristales gemelos (fig. 69);

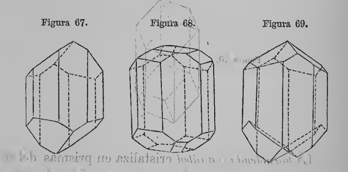


Figura 67. Figura 68. Figura 69.

D. = 5 á 6; P. E. = 3,2 á 3,5. Es trasparente con bastante frecuencia, de brillo vítreo, incoloro ó verde, y más frecuentemente castaño ó negro. La composicion química de las augitas está representada por la fórmula general RO,SiO^2, y á continuacion damos la de algunas especies de un modo mas preciso:

El *pyróxeno* $(CaO,MgO,FeO)SiO^2$.

La *diopsida*, CaO,SiO^2+MgO,SiO^2. Gris ó verde-claro trasparente.

La *broncita* (4 á 7 $MgO+FeO$),SiO^2. Verde oscuro ó negro: sistema rómbico.

La *hypersthena*, ($\frac{2}{3}$ á 3 $MgO+FeO$), SiO^2. Verde oscuro ó negro: sistema rómbico.

La *esmaragdita* y la *diallaga* son minerales, el uno verde, el otro oscuro verdoso, muy semejantes á la augita.

La *augita* comun se encuentra, ya en estado de roca particular, ya formando parte esencial del basalto, del pórfido y de la lava. La *coccolita*, análoga á la anterior, se presenta en masas cristalinas verdes, de estructura granular.

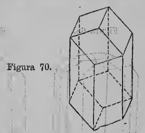


Figura 70.

La *hornblenda* ó *anfibol* cristaliza en prismas del sistema clinorómbico (fig. 70), y su composicion tiene por fórmula ($CaO,2MgO,FeO$),4 SiO^2; sin embargo, las variedades verdes y negras contienen tambien alúmina. Á esta última categoría pertenece la *hornblenda comun*, que se presenta ó en estado de roca propia, maciza ó esquistosa, ó como parte integrante de la sienita, diorita y algunas otras rocas: se utiliza como castina en los altos hornos y como ingrediente del vidrio de botellas.

La *grammatita* está engastada en ciertas rocas, en forma de cristales bacilares, estriados, ordinariamente de violeta-pálido. Al lado de ésta se coloca por su compo-

sicion la *nefrita* ó piedra de hacha; D.=6,5; P.E.=3. De estructura compacta, fractura esquistosa y color verde de manzana, se encuentra en China, Persia, Egipto y Nueva Zelandia. Se fabrican con ella armas, diversos utensilios y objetos de arte, y tiene gran interés arqueológico por ser frecuente hallar en sepulturas antiguas, estaciones lacustres y otros lugares semejantes, objetos confeccionados con este mineral, lo cual prueba que las poblaciones prehistóricas de que provienen, tenian relaciones con países muy apartados.

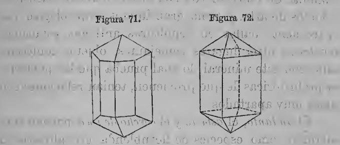
El *amianto*, el *asbesto* y el *corcho de roca*, pueden considerarse como especies de hornblenda, cristalizadas en agujas sumamente finas. Las variedades más flexibles se aprovechan en fabricar telas incombustibles, que se hacen tejiendo esta materia mineral con el lino, y exponiéndola despues al fuego para eliminar las fibras vegetales. Entre los antiguos, que quemaban los cadáveres, acostumbraban los ricos envolverlos en tejidos de este género, con el fin de separar sus cenizas de las de la leña de la hoguera.

Grupo de las Gemmas.

70. Tenemos aquí todas las piedras preciosas que se encuentran en la naturaleza, además del diamante, el rubí y el záfiro, de que yá hemos hablado. Las gemmas tienen una dureza de 7,5 á 8,5, y una densidad de 2,8 á 4,6. Son trasparentes, las más veces de bellos colores, infusibles ó muy difíciles de fundir, y consisten en combinaciones de sílice y de óxidos térreos.

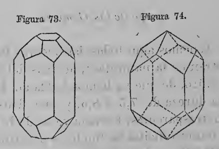
El *topacio*, que es un silicato de alumina conteniendo fluor, cristaliza en prismas romboidales (fig. 71); D.=8; P.E.=3,5. Es ordinariamente amarillo, y se encuentra en Sajonia, Bohemia, monte Oural y Brasil.

El *berylo*, silicato de alúmina y glucina, $3(Gl^2O^3,SiO^2)+AL^2O^3,3SiO^2$, se presenta en prismas exagonales (fig. 72); D.=7 á 8; P. E.=2,7. Puede ser incoloro, pero por lo


Figura 71. Figura 72.

comun es coloreado, y su variedad más preciosa es la esmeralda, cuyo hermoso color verde es debido á la presencia de un poco de óxido de cromo. Se encuentra esta en Sabzburg, Egipto, Perú, y sobre todo, en Siberia y el Oural.

El *zircon* ó *jacinto*, silicato zircónico, $2Zr^2O^3,SiO^2$, cristaliza en prismas tetragonales (figs. 73 y 74). D.=7,5: P. E.=4,5. Incoloro ó de ese rojo oscuro llamado rojo


Figura 73. Figura 74.

jacinto, se encuentra en el Tirol, Noruega, Siberia y en Nueva Jersey.

Pertenece tambien á esta familia la *olivina* ó *crisolita*, silicato de magnesia con rastros de protóxido de hierro,

$2MgO,SiO^2$, que se encuentra en cortos prismas rómbicos, las más veces diseminados en el basalto ó el hierro meteórico; D.=6 á 7; P. E.=3,4.

IV.—Clase de los Metales pesados.

Grupo del hierro.—Sidéridos.

71. Esta familia es una de las más importantes, tanto por la diversidad de las formas de sus minerales, como por la frecuencia y riqueza de sus yacimientos. Estos minerales tienen la dureza del cuarzo, y su densidad llega hasta 8. Opacos y coloreados las más veces, son siempre magnéticos, y tratados al soplete con el borax, dan, al fuego de oxidación, un vidrio rojo sombrío, que se aclara por el enfriamiento y hasta se hace incoloro, y al fuego de reducción, un vidrio verde-botella. Respecto á los procedimientos para extraer el hierro de sus minerales, nos remitimos á la *Química.*

He aquí las principales especies de este grupo:

El *hierro nativo* se encuentra en estado de hierro *telúrico*, es decir, perteneciente á la tierra, en forma de corpúsculos cúbicos ó de pajillas de dimensiones microscópicas, que se hallan diseminadas en el basalto, pero rara vez y en cantidad insignificante. El hierro *meteórico*, por el contrario, tiene mucha importancia; es el que se encuentra en los *meteóritos* ó *aerólitos*, piedras ó fragmentos caidos de la atmósfera sobre la superficie de la tierra. La Astronomía nos enseña que el espacio está recorrido por torbellinos de pequeños cuerpos, que acaso sean fragmentos de antiguos planetas; y ocurre muchas veces que

entran en la esfera de atraccion de la tierra, y entónces atraviesan la atmósfera con velocidad extraordinaria condensando las capas de aire que se encuentran á su paso, lo que, unido al frotamiento que experimentan, los calienta hasta el punto de inflamarlos, de suerte que estas masas meteóricas aparecen en el aire como globos de fuego provistos de una cola luminosa, y acaban por estallar con gran ruido, sembrando sus restos sobre la tierra. Los meteóritos observados en el momento en que acaban de caer, están todavía muy calientes, y presentan una superficie en parte vitrificada y de un negro brillante.

Atendiendo á su composicion química, se dividen en dos especies: los meteóritos *metálicos* ó ferruginosos, y los *petrosos*. Los primeros contienen hierro nativo, con el cual se encuentra casi siempre el *níquel*, en la proporcion de 3 á 17 centésimas. Cuando, despues de haber pulimentado su superficie, se la trata con el ácido nítrico, aparecen en ella dibujos de formas cristalinas, que se llaman *figuras de Widmanstett*. Los meteóritos ferruginosos no son raros, y se han encontrado á veces en rocas muy considerables: de 95 kilógramos de peso en Bohemia, de 8 quintales métricos en Siberia, de 85 quintales en el Brasil, y hasta de 150 quintales en el Perú. Los meteóritos petrosos consisten principalmente en silicatos, tales como la augita y la olivina, en las cuales se encuentra diseminado el hierro meteórico; tambien contienen grafito. Se presentan algunas veces en masas enteramente terrosas, semejantes á las de la dolerita; pero pueden tambien, por grados intermedios, aproximarse mucho á los meteóritos ferruginosos.

El *hierro oxidado magnético*, FeO,Fe^2O^3, se distingue por la propiedad de ser atraido por la barra imantada y magnética. Cristaliza en octaedros regulares, y se encuentra tambien, con el nombre de *piedra de iman*, en masas compactas muy considerables, que forman en algunas

partes verdaderas montañas, como en Noruega (Dannemora, Fahlun, Arendal). Este mineral es negro: D. = 5 á 6; P. E. = 5; da el hierro más puro, y con él se hacen los mejores aceros.

El *oligisto*, ó peróxido de hierro rojo, es el óxido férrico anhidro, Fe^2O^3: tiene brillo metálico muy vivo, y dá una raya y polvo rojos. Se presenta en varias formas: cristalizado en romboedros regulares, de los cuales los más perfectos se hallan en la isla de Elba; en pajillas delgadas, con el nombre de *mica ferruginosa*; en estructura fibrosa, con el nombre de *hematita roja*; en estado compacto, escamoso ó terroso, con el nombre de *ocre rojo*, y se llama *sánguina* ó *lápiz rojo* cuando está mezclado con mucha arcilla. Todos estos minerales de hierro son muy importantes, y pulverizados se utilizan como polvos para bruñir y como colores rojos.

El *limonito*, ó peróxido de hierro oscuro, es el óxido férrico hidratado; $2Fe^2O^3 + 3H^2O$. No se presenta en forma de cristales claramente determinados; sin embargo, el limonito fibroso, ó *hematita oscura*, consiste en cristales capilares muy finos y brillantes, aglomerados en riñones ó masas mamelonadas. Verdad es tambien que se encuentran con frecuencia cristales de limonito de configuracion perfecta, pero son *formas prestadas* ó *pseudomórficas*, que provienen de cristales destruidos de otros minerales de este grupo, casi siempre del hierro sulfurado. El limonito compacto y terroso contiene más ó ménos arcilla, es oscuro ó amarillo, y se usa como color con los nombres de *ocre amarillo* y *tierra de sombra*. El mineral de hierro *oolítico* ó *pisolítico*, que forma granos de tamaño variable, es tambien una especie de limonito, así como la *mina de pantano*, el ménos estimado de los minerales de hierro, porque contiene siempre fósforo.

El hierro se encuentra combinado con el azufre en diversas proporciones, y forma así los minerales llama-

dos *piritas*, que de ordinario cristalizan muy bien, y se asemejan al laton por su brillo metálico.

La *pirita magnética* ó súlfuro ferroso, FeS, se halla cristalizada, las más veces en forma tubular, y rara vez en prismas exagonales; tiene color oscuro de hígado, de donde proviene su nombre aleman de *leberkies* (pirita epática), y es ligeramente magnética.

La *pirita de hierro* ó pirita *marcial*, hierro sulfurado, súlfido ferroso, FeS^2, se encuentra en soberbios cristales del sistema regular, ordinariamente en la forma de dodecaedro pentagonal ó en diversas modificaciones de este. Su color es amarillo laton, de brillo metálico vivo y frecuentemente con reflejos irisados. P.E.=5; D.=6 á 6,5; y tambien dá chispas al eslabon. Muchas veces se halla tambien en montones compactos, así como en láminas muy finas ó en granos diseminados en ciertas rocas, como, por ejemplo, en la hulla. El hierro sulfurado está expuesto á alterarse en el aire húmedo, cambiándose por via de oxidacion en sulfato de hierro, ó *vitriolo verde.*

La cristalizacion del hierro sulfurado es dimorfa, y la variedad que cristaliza en el sistema rómbico se llama *marcassita*, ó bien pirita *radiada* ó *especular*, porque sus diminutos cristales están reunidos en grupos formando peines ó haces de hierros de javalina. Estas dos especies de pirita suelen utilizarse para preparar azufre por destilacion seca en vasos cerrados.

El grupo de los sidéridos comprende además gran cantidad de minerales, de los cuales la mayor parte no tiene gran importancia, ni por su abundancia en la naturaleza, ni por sus aplicaciones técnicas. Por esto nos limitamos sólo á citar de paso los siguientes: dos *fosfatos de hierro*, el uno verde é hidratado, el otro azul (azul de Prusia nativo); el *arseniuro de hierro*, $FeAs^2$, blanco y de brillo metálico, y el *sulfo arseniuro de hierro* ó *mispickel*, FeS^2+FeAs^2, de los cuales se extrae el arsénico. La *es-*

corodita y la *sideretina* son arseniatos de hierro hidratado.

Más abundante que todos estos últimos es la *siderosa*, hierro carbonatado ó carbonato ferroso, FeO,CO^2, que se llama hierro *espático* cuando se presenta en montones cristalinos lamelares; D. = 3 á 4,5; P. E. = 3,6 á 3,9. Es un mineral excelente para la fabricacion del acero; su color varía del amarillo pálido al moreno rojizo ú oscuro; contiene muchas veces, por via de sustitucion, protóxido de manganeso, magnesia ó cal. El hierro carbonatado se presenta tambien en forma de riñones ó de bolas, de estructura fibrosa, radiada, y se llama *esferosiderites*. Las variedades compactas y terrosas contenidas en los terrenos hulleros, contienen de 35 á 78 centésimas de siderosa, y son un mineral de hierro muy estimado.

La *tierra verde*, empleada en pintura con el nombre de *verde de Verona*, es un silicato de hierro y de cal con un poco de magnesia.

El *wolfram* es una combinacion del ácido tungstico, con protóxido de hierro y de manganeso $(FeO,MnO)TuO^3$. D. = 5,5; P. E. = 7,5. Su color es negro; su forma, cristalizada; su brillo, muy vivo, y se emplea en la fabricacion del acero de tungsteno y de ciertos colores.

Grupo del Manganeso.—Manganidos.

72. El manganeso es muy abundante en estado de óxido, y además de los minerales de que forma parte integrante y principal, se encuentra en pequeñas cantidades en otros muchos, á los cuales imprime su color, tiñendo de rosa ó de violeta las sustancias cristalinas, y las compactas de moreno ó de negro. Los principales manganidos son los siguientes:

La *polianita* cristaliza en prismas romboidales, cortos y estriados longitudinalmente; tiene color gris de acero, brillo metálico, y dá una raya negra; D. = 6 á 7; P. E. = 5. Este mineral, que es el ácido manganoso, MnO^2, se llama comunmente *peróxido de manganeso*, y sus yacimientos más ricos están en el gran ducado de Hesse-Darmstadt y en la provincia de Huelva. Tiene la misma composicion que la especie siguiente, que parece ser un producto de la desagregacion de la polianita.

La *pirolusita* cristaliza en el sistema rómbico, las más veces en montones de pequeños cristales bacilares ó capilares; tiene color negro ó gris, y da raya negra; D. = 2 á 2,5; P. E. = 4,9. Es de suma utilidad para preparar el cloro; se usa en las fábricas de vidrio para descolorar el vidrio que el carbon tiñe de amarillo, y asimismo para pintar sobre vidrio y porcelana.

La *hausmannita* es un óxido manganoso-mangánico, $MnO+Mn^2O^3$, que cristaliza en pequeños octaedros de base cuadrada, presenta color moreno-oscuro ó negro, y da una raya roja oscura. La *braunita*, que tiene la misma forma cristalina que la precedente, es un óxido mangánico anhidro, de color negro ó moreno negruzco y raya negra. Estos dos minerales acompañan muchas veces la pirolusita con gran detrimento de ésta. La *psilomelana* forma masas mamelonadas ó semejantes á las estalactitas, y consiste en peróxido de manganeso mezclado con barita, potasa y agua. D. = 6: color negro ó gris de hierro, raya oscuro-negruzca. La *manganita*, de raya negra, se compone de óxido mangánico hidratado, $Mn^2O^3+H^2O$. Tiene pocas aplicaciones á la industria, así como la llamada *espuma de manganeso*, especie de tierra negra, fina y muy friable, que yace en forma de depósitos de apariencia espumosa entre los otros minerales de manganeso, y que es una mezcla hidratada de éstos con pequeñas cantidades de barita, cal y potasa. La *manganesa sulfurada*

y los *carbonatos* y *silicatos manganosos*, no tienen uso alguno en las artes.

Grupo del Cromo.

73. Es singular que este metal, por medio del cual el químico produce varios compuestos notables por la belleza de sus colores, no esté representado en la naturaleza sino por un pequeñísimo número de minerales. Por esta causa, sin duda, el cromo metálico no fué descubierto hasta 1797. Únicamente se encuentra en masas algun tanto considerables en estado de *hierro cromatado*, que es una combinacion de óxido de cromo y de protóxido de hierro, FeO,Cr^2O^3, á los cuales se sustituyen á veces la magnesia y la alúmina. Este mineral cristaliza en octaedros regulares, pero las más veces es compacto, granuloso, negro ó gris de hierro, de brillo metálico y dando raya morena. D.=5,5; P. E.=4,5. Se encuentra en nidos ó en montones, sobre todo en las rocas de serpentina. Contiene hasta 60 centésimas de óxido crómico, y de él derivan todos los colores de cromo que se usan en la industria.

El *cromato de plomo* lo dejamos para más adelante, y sólo de paso citaremos aquí el *ocre de cromo*, que se encuentra muy pocas veces y en pequeñas cantidades, y contiene ácido crómico, CrO^3. Notemos, en fin, que muchos minerales contienen cromo en proporciones insignificantes.

Grupo del Cobalto.

74. Este metal no es abundante, y sus minerales lo presentan principalmente en combinacion con el azu-

fre y el arsénico, compuestos opacos y coloreados, que al soplete dan con el borax un vidrio de hermoso azul. La presencia del cobalto en los minerales se manifiesta especialmente por una eflorescencia rosa de erythrina que cubre la superficie. Los más interesantes de estos minerales son:

La *coboldina*, sulfuro de cobalto, Co^2S^3, que cristaliza en octaedros regulares, de blanco rosado; D. = 5; P. E. = 6,3. El cobalto es sustituido muchas veces en este mineral por el hierro y el niquel, este último en proporciones que varían de 30 á 42 por 100.

La *esmaltina*, arseniuro de cobalto, $CoAs^2$, que cristaliza en cubos, y se encuentra en másas compactas, de estructura granular y brillo metálico blanco; contiene ordinariamente hierro y muchas veces tambien niquel, sobre todo en los montes metálicos de Sajonia.

La *cobaltina*, sulfo-arseniuro de cobalto, CoS^2+CoAs^2, que cristaliza en dodecaedros pentagonales del sistema regular, de brillo metálico blanco ó rosa, y, con frecuencia, de reflejos irisados.

La *erytrina*, arseniato hidratado de cobalto, $3CoO, As^2O^5+8H^2O$. Cristaliza en pequeñas agujas, y forma por lo comun un depósito térreo, de color rosa, sobre los minerales de cobalto arseníferos.

En fin, el *cobalto terroso*, que yace en másas compactas ó térreas, negras, y consiste en una mezcla de óxidos de cobalto, manganeso, hierro ó cobre.

Todos estos minerales se emplean para la extraccion del cobalto ó del niquel, así como para la fabricacion del vidrio azul de cobalto y de los colores azules llamados *esmaltes*.

Grupo del Niquel.

75. Los minerales de este grupo no abundan más que los precedentes, y se encuentran casi siempre en las mismas circunstancias que aquellos. Se distinguen de ordinario por una eflorescencia verde que cubre su superficie. Contienen generalmente una pequeña proporcion de cobalto, al que se debe el que, con el borax, dén un vidrio azul; D.=3 á 5; P. E.=hasta 7,7. Los más notables son:

La *harkisa*, sulfuro de niquel, NiS, que se halla en cristales amarillos, capilares ó aciculares; la *niquelina*, arseniuro de niquel, NiAs, uno de los más importantes minerales del niquel, que rara vez se encuentra en cristales, sino en masas compactas, redondeadas ó mamelonadas, de brillo metálico rojo-cobrizo, de dónde proviene su nombre comun de *cobre arsenical;* el *arseniquel*, biarseniuro de niquel, $NiAs^2$, cuyo brillo metálico es blanco de estaño; y la *disomosa*, sulfo-arseniuro de niquel, NiS^2+NiAs^2, de brillo metálico gris de plomo. Tambien se encuentran combinaciones de niquel con metales, tales como el *antimoniuro de niquel*, el sulfo-antimoniuro de niquel, y los sulfuros dobles de niquel y bismuto ó de niquel y hierro.

La *flór ú ocre de niquel*, arseniato de niquel, $3NiO,As^2O^5+8H^2O$ se presenta rara vez en grupos de cristales aciculares, de ordinario sobre los minerales de niquel como depósito terroso, de color verde-manzana.

Todos estos minerales están léjos de ser combinaciones químicas bien definidas, pero contienen siempre, en proporciones variables, otros metales, como hierro, cobre, cobalto, plomo, etc. El niquel metálico que se extrae de ellos, sirve casi únicamente para la fabricacion del argen-

tan. Los principales minerales de niquel se encuentran, sobre todo, en el Erzgebirge, ó montes metálicos de Sajonia, y cerca de Riechelsdorf, en Hesse.

Grupo del Zinc.

76. Rara vez se presenta este metal en estado de óxido, en cuyo caso forma masas cristalinas de color rojo, de donde proviene su nombre de *mineral de zinc rojo.* Mucho más comun que éste es el mineral llamado *blenda*, sulfuro de zinc, ZnS, que cristaliza conforme al sistema cúbico en romboedros puros ó modificados de manera elegante; D. =3,5 á 4; P. E. =4,1. Tiene fractura esquillosa, brillo metálico muy vivo y color verde, rojo, oscuro ó negro. Frecuentemente se encuentra en masas compactas de estructura lamelar, fibrosa ó radiada, y se utiliza para la extraccion del zinc metálico. El *sulfato de zinc*, ZnO,SO^3+7H^2O, se halla en cantidades insignificantes, como producto de la alteracion de la blenda.

Con el nombre de *calamina* se comprenden dos minerales de zinc, que se encuentran ordinariamente juntos, y consisten en combinaciones del óxido de zinc con los ácidos carbónico y silícico. Uno es el *zinc carbonatado*, ZnO,CO^2, que cristaliza en romboedros del sistema exagonal, posée brillo vítreo y color blanco ó débilmente coloreado. El segundo es el *silicato de zinc*, $2ZnO,SiO^2+H^2O$, que se presenta en pequeños cristales tabulares, derivados del prisma de base romba, y tiene brillo muy vivo, color blanco, y más comunmente amarillo ó verde pálido. Estos cristales se electrizan por el calor, y fosforecen por el frotamiento. D. =5; P. E. =3,5. De la misma manera que los otros minerales zinciferos, cuando se trata éste al soplete por la sosa, despide humo blanco de óxido de zinc. Esta especie, que es la *calamina* propia-

mente dicha, se encuentra tambien en masas compactas y en formas diversas y muy irregulares, muchas veces cavernosas y cortadas, amarillas, morenas ó rojas, proviniendo del ocre este último color. Las dos especies de calamina son minerales de zinc muy útiles, que se explotan cerca de Aix en Bélgica, cerca de Wiesloch, en el país de Baden, y cerca de Tarnowitz, en Silesia, donde hay depósitos de casi 12 metros de potencia.

Grupo del Estaño.

77. El estaño no se encuentra en la naturaleza en estado nativo, sino principalmente como óxido, con los nombres de *mina de estaño* ó *cassiterita*. Este óxido, SnO^2, cristaliza en prismas de base cuadrada, más ó ménos modificados, dando comunmente cristales gemelos ó agrupados dos á dos (fig. 75). Sus cristales son semitrasparentes ú opacos, pero traslúcidos en las aristas, de brillo

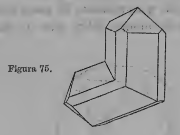


Figura 75.

muy marcado, morenos ó negros, y semejantes al colofano; D.=6 á 7; P. E.=7. Sometidos al fuego de reduccion del soplete, dan un grano de estaño metálico cuando se les trata sobre el carbon y por medio de la sosa. La mina de estaño *fibroso*, más abundante que la de cristales, se presenta en fragmentos irregulares, de finísima estructura

fibrosa, y es objeto de explotaciones considerables en Sajonia y en Bohemia. Las minas más ricas de Europa, conocidas yá de los romanos, son las del condado de Cornuailles, en Inglaterra; pero las más importantes del globo, tanto por la abundancia del mineral, como por la pureza del metal, son las de la península de Malaca, en la India inglesa.

Grupo del Plomo.

78. Este metal se encuentra pocas veces en estado nativo, frecuentemente en combinacion con el oxígeno, y con más frecuencia con el azufre, para formar compuestos de dureza media y de considerable densidad (4,6 á 8), que dan fácilmente al fuego del soplete el plomo metálico ó el óxido amarillo. Muchos minerales de este grupo sólo se presentan en cantidades insignificantes: tales son, el *plomo nativo*, el *minio* ú *ocre* de *plomo*, el *suróxido* de plomo, el *cloruro* de plomo, etc.

El más esparcido y abundante de estos minerales es la *galena* ó sulfuro de plomo, PbS, que es tambien el

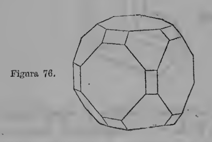


Figura 76.

principal mineral de este metal. Cristaliza en cubos sujetos á diversas modificaciones (fig. 76); pero se encuentra tambien en pedazos compactos, de estructura más ó

ménos granular. Bajo todas sus formas, este mineral se distingue por su gran densidad, que puede llegar hasta 7,6, y por su brillo metálico gris de plomo y muy vivo.

La galena contiene muchas veces plata, que no deja de extraerse, y no es raro que contenga oro, antimonio, hierro y arsénico.

Existe una série de minerales, resultante de la combinacion del plomo con el antimonio y el azufre, en muchas proporciones, como la *zinkenita*, el *federerz* y otros, de los cuales la mayor parte llevan el nombre de los mineralogistas que han descubierto su composicion. Tambien se conoce un *seleniuro de plomo* y un *teluriuro de plomo*, que se presenta en pequeñas masas lamelares, y se llama *teluro hojoso*.

Entre las sales de base de plomo, distinguimos el *sulfato* ó *anglesita*, PbO,SO^3, que cristaliza en el sistema rómbico y tiene color blanco con brillo muy vivo, y el *carbonato*, *cerusa* ó *plomo blanco*, PbO,CO^2, que cristaliza en prismas de base romba, y es notable igualmente por la fuerza de su brillo y la doble refraccion de sus cristales. La *pyromorfita*, ó fosfato de plomo, contiene siempre cloruro de plomo, y muchas veces arseniato de plomo. Se denomina vulgarmente *mina de plomo verde*, por ser éste su color más frecuente, pero afecta tambien el moreno ó el amarillo; D. = 4,7; P. E. = 7. Forma hermosos cristales del sistema exagonal, y al fuego de reduccion del soplete dá una perla de plomo que, al enfriarse, se convierte en un grano cristalino poliédrico. En el *cromato de plomo*, ó mina de plomo rojo, PbO,CrO^3, que se encuentra en el Oural en agujas cristalinas rojas, es donde se descubrió por primera vez el cromo metálico.

Grupo del Bismuto.

79. Los minerales de bismuto están poco exparcidos en la naturaleza. El *bismuto nativo* se encuentra en filones en las rocas graníticas ó esquistosas, casi siempre acompañado de los sulfuros de cobalto y de niquel, y afecta la forma de romboedros deformados del sistema exagonal, de brillo metálico blanco-rojizo; D.=2 á 2,5; P. E. =9,7. El óxido de bismuto, Bi^2O^3, se llama *ocre* ó *flor de bismuto*, y se encuentra con el precedente, sobre todo en Erzgebirge. El *sulfato de bismuto*, Bi^2S^3, de brillo metálico, gris de plomo, cristaliza en prismas de base romba; pero se presenta las más veces en masas cristalinas de estructura fibrosa, ó en estado compacto y diseminado en ciertas rocas; D.=2,5; P. E.=6,5: se le mezcla frecuentemente el sulfuro de cobre, de niquel ó de cobalto. Tambien se encuentran el *carbonato* y el *silicato de bismuto*.

Grupo del antimonio.

80. La dureza de los minerales de este grupo puede llegar hasta 6,6, y su peso específico es=4: al soplete dan vapores que se depositan sobre el carbon en un sublimado blanco. Los más raros de estos minerales son el *antimonio nativo*, el *óxido de antimonio*, Sb^2O^3, y el *ocre de antimonio*, SbO^3+xH^2O.

El *sulfuro de antimonio* ó estilbina, SbS^3, es bastante comun; tiene brillo metálico, gris de plomo, y cristaliza en el sistema rómbico. Estos cristales son largos pris-

mas, terminados por cuatro caras, ó bien se hallan agrupados en masas aciculares. Sirve este mineral para la extraccion del antimonio metálico, y tiene tambien algunas aplicaciones en Farmacia.

El *sulfuro de antimonio rojo*, compuesto de sulfuro y de óxido de antimonio, es raro y se distingue por sus cristales espiculares de color rojo-cereza.

Grupo del Cobre.

81. Los minerales de este grupo abundan en la naturaleza, y en ellos se encuentra el cobre en combinaciones muy diversas; pero sólo unos cuantos se utilizan para la extraccion de este metal. Su dureza varía entre 2 y 4, su peso específico llega á 6, y al soplete dan un glóbulo de cobre metálico. Describirémos brevemente los más importantes.

El *cobre nativo* cristaliza en muchas formas del sistema regular; pero comunmente se presenta en masas, á veces muy voluminosas, de configuracion irregular, bacilar ó dendrítica, y se convierte en cobre puro por medio de la fusion. En el Alto Canadá se han encontrado rocas de cobre nativo de muchos quintales de peso, y hace poco una placa de 7,500 quintales métricos y valor de dos millones de francos.

El *protóxido de cobre*, ó cobre oxidulado, Cu^2O, cristaliza en octaedros regulares, de brillo metálico muy vivo y hermoso color rojo; se encuentra tambien en masas compactas y terrosas, y da un cobre excelente. El *óxido de cobre*, CuO, no se encuentra sino en pequeñas cantidades.

Existen muchas sales de cobre solubles, resultantes de la descomposicion de ciertos minerales de cobre, prin-

cipalmente del sulfuro, y que se encuentran en las inmediaciones de los volcanes, de donde se desprenden vapores conteniendo los ácidos clorídrico y sulfuroso; pero son raras y de poca importancia. Tales son: el *cloruro de cobre* y los *sulfatos, fosfatos* y *arseniatos* del mismo metal.

Entre los más bellos minerales de este grupo debemos colocar la *malaquita* y la *azurita*. La malaquita, ó *carbonato de cobre* hidratado, $2CuO,CO^2+H^2O$, cristaliza en cristales clinorómbicos, reunidos las más veces en grupos de estructura fibrosa ó radiada, con brillo sedoso y hermoso color verde-esmeralda. Tambien se presenta en masas compactas y terrosas, y sirve para fabricar objetos de arte ó de adorno, así como colores, explotándose como mineral de cobre allí donde se encuentra en cantidades considerables. Las más célebres minas de malaquita son las del Ural (pertenecientes á la familia Demidoff), donde yace este mineral en masas voluminosas y muy puras, que se cortan en pequeñas piezas para adornar mesas, vasos, cornisas de chimenea, etc. La *azurita*, compuesto de *carbonato* é *hidrato de cobre*, $2(CuO,CO^2)+CuO,HO$, se encuentra en cristales cortos, prismáticos ó más bien tabulares, y en masas irregulares compactas y terrosas. Este mineral, notable por la belleza de su color azul, se emplea en pintura con el nombre de *azul de montaña*, y sirve igualmente para extraer cobre metálico. La *dioptasa*, ó silicato de cobre hidratado, se distingue por su hermoso color verde.

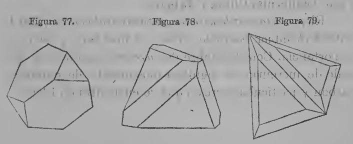
Una interesante série de minerales de cobre comprende compuestos en que el sulfuro de cobre está asociado á otro ú otros sulfuros metálicos. Tales son: el *bisulfuro de bismuto* y *de cobre* y el *de antimonio* y *de cobre*, el *trisulfuro de estaño, hierro* y *cobre* y el *de plomo, antimonio* y *cobre*. Sin embargo, existe un sulfuro de cobre libre, la *calkosina*, Cu^2S, que cristaliza en prismas exágonos del sistema rómbico, y se encuentra las más veces en riñones

compactos ó en depósitos superficiales; es una sustancia metaloide, gris de acero ó negra, que tiene con frecuencia reflejos irisados; D. = 2 á 3; P. E. = 5,5.

El *sulfuro de cobre* está asociado ordinariamente al de hierro, y forman juntos dos minerales muy esparcidos, que se utilizan para extraer el cobre metálico y preparar el sulfato de cobre. Tales son:

1.° La *filipsita* ó *cobre piritoso en penachos*, $3Cu^2S,+Fe^2S^3$, que cristaliza rara vez en octaedros regulares, encontrándose casi siempre en masas compactas, de color amarillo-laton, con hermosos reflejos azules y rojos; 2.° la *chalcopirita* ó *cobre piritoso amarillo*, $Cu^2S,+FeS$, que cristaliza en pequeños octaedros de base cuadrada ó en hemiedros de la misma forma, pero que por lo comun se encuentra compacta ó con estructura granular, presentando brillo metálico amarillo-laton y tambien reflejos irisados; D. = 4; P. E. = 4,3. Del mismo modo que la especie precedente, es fusible al soplete, y da con el borax y la sosa un glóbulo de cobre metálico.

Con el nombre de *cobre gris* se expresan minerales muy complejos, que cristalizan en formas hemiédricas del sistema regular (figs. 77, 78 y 79); su color es gris de


Figura 77. Figura 78. Figura 79.

hierro con brillo metálico; D. = 3 a 4; P. E. = 5. Consisten principalmente en sulfuros de cobre y de antimonio, á los cuales se asocian proporciones variables de hierro,

zinc, arsénico y plata. De todos se extrae el cobre, explotándose tambien las especies más ricas en plata para extraer este precioso metal.

Grupo del Mercurio.

82. Aunque líquido, el mercurio se encuentra á veces en estado nativo y en forma de gotas más ó ménos grandes, en las cavidades y fisuras de los esquistos arcillosos y de la arenisca hullera, como, por ejemplo, en las inmediaciones de Moschellandsberg, Baviera renana. Pero la mayor parte del mercurio se extrae del *cinabrio* natural ó mercurio sulfurado, HgS, que se encuentra en estado cristalizado, y tambien en masas mamelonadas y compactas; D. = 2,5; P. E. = 8. Este mineral es ópaco, de brillo diamantino, de color rojo-carmin, y da una raya escarlata. Calentándolo, se ennegrece, pero al enfriarse recobra su color rojo. Sus principales yacimientos son, además del citado en la Baviera renana, el de Almaden, en España, el de Idria, en la Carniola, y los de Méjico, el Perú, California, China y Japon.

El *protocloruro de mercurio* natural ó *calomelano*, HgCl, llamado tambien *mercurio córneo*, es más raro y de poca importancia. Con el nombre de *mercurio hepático* ó de hígado de mercurio, se significa una mezcla de cinabrio, carbon y partículas térreas, que se encuentra en Idria.

Grupo de la Plata.

83. Los minerales argentíferos son bastante numerosos, y se puede considerar este metal como uno de los

más comunes, tanto en el estado nativo, como aleado á otros metales ó en combinacion con el arsénico y el azufre. Al soplete los minerales de plata dan por sí solos, ó por medio de la sosa, un glóbulo de plata metálico.

La *plata nativa* se presenta, ya en pequeños cristales, aislados ó reunidos, pertenecientes al sistema cúbico, ya en toda clase de formas singulares, á veces dendríticas ó musgosas, en láminas, fragmentos ó granos irregulares; D.=2,5 á 3; P. E.=10,3. Tiene todos los caractéres ordinarios de la plata, y con mucha frecuencia un tinte amarillo ó castaño, pero que no pasa de la superficie. En forma de filones se encuentra en las rocas graníticas ó esquistosas, así como en los pórfidos, siendo su yacimiento más abundante el de Kongsberg, Noruega, donde se han encontrado fragmentos de tres á siete quintales, y despues los de Sajonia, Bohemia, Hungría, Siberia, Méjico y el Perú.

La *argyrosa*, sulfuro de plata, Ag^2S, ó plata vítrea, cristaliza en cubos más ó ménos modificados del sistema regular, pero se encuentra con más frecuencia en filamentos contorneados, ó en placas de color que varía del gris al negro, y con brillo metálico. Este sulfuro, que se presenta tambien en estado terroso, es el mineral de plata más importante despues de la *plata nativa*, y con ésta se encuentra en los países ántes citados.

El *antimoniuro de plata*, que contiene de 70 á 80 por 100 de plata, cristaliza en prismas rómbicos modificados, y tiene brillo metálico blanco de plata ó amarillo, pero muchas veces aparece con la superficie cubierta de un barniz oscuro.

El *sulfuro negro de plata* y *de antimonio*, que contiene cerca del 70 por 100 de plata, se presenta, ya en forma de prismas rómbicos, ya en fragmentos irregulares, y tiene brillo metálico y color negro de hierro. El *sulfuro rojo de plata* y *de antimonio* es tambien un precioso mi-

neral de plata, que contiene de 58 á 64 por 100 de plata. En este compuesto, el antimonio puede ser sustituido por el arsénico. Cristaliza en romboedros más ó ménos modificados, tiene brillo metálico muy vivo, color variable del negro de hierro al rojo carmesí, y dá una raya de este mismo matiz rojo. D. = 2,5 á 3; P. E. = 5,5 á 5,8. Se divide en dos especies: la *pyrargirita*, que es rojo-oscura, y la *prustita*, rojo-clara, y en la cual el antimonio esta reemplazado por el arsénico. Estos minerales son muy buscados, y se encuentran en Erzgebirge, Bohemia, Harz, Hungría, y en otros puntos.

El *sulfuro de plata* y de *cobre* contiene hasta el 52 por 100 de plata; se presenta en cristales rómbicos de un gris-negruzco con brillo metálico.

Nos limitamos, por último, á citar algunos minerales más raros, y por lo tanto de mediana importancia, tales como el *cloruro de plata* (plata córnea), el *bromuro de plata*, el *carbonato de plata*, el *bismuto argentífero*, la *sternbergita*, la *polybasita* y la *amalgama*, compuesta esta última de un tercio de plata y de dos de mercurio.

Grupo del Oro.

84. El oro se encuentra ordinariamente en estado nativo, ya en cristales del sistema regular, pequeños y más ó ménos deformados, ya en laminillas ó filamentos dispuestos de diversas maneras, siendo la más curiosa la forma dendrítica. Tambien se presenta en fragmentos, pepitas y granos irregulares, y en fin, en estado de arena ó polvo en el interior de muchas rocas, como por ejemplo, en el granito; de cuya destruccion proviene el oro que se encuentra en las arenas de los rios y en los terrenos de aluvion.

Como la densidad del oro nativo llega hasta 19,4, se pueden recojer sus partículas más ténues por el *lavado* en grandes chorros de agua de las arenas auríferas, en cuya operacion este metal, en virtud de su peso, es el primero en depositarse.

La plata se encuentra con mucha frecuencia asociada al oro, habiendo aleaciones naturales de estos dos metales que contienen de 0,16 á 38, 7 por 100 de plata, lo que debe naturalmente producir grandes modificaciones de color y densidad. Debemos mencionar tambien el *oro gráfico*, mineral que, además del oro y la plata, contiene un metaloide bastante raro, llamado *teluro*.

En general, Europa no es rica en oro, no contando más explotaciones de alguna importancia que las de Hungría, Kremnitz y Schemnitz. Los yacimientos más productivos son los de la India, Brasil, Perú, Chile, California y los de los montes Urales. La Nubia y la Senegambia son las regiones auríferas del Africa. En estos últimos tiempos se han encontrado tambien en Australia, cerca de Bathurst, depósitos de oro muy considerables. Cosa digna de notarse es, que se han encontrado á veces fragmentos de este metal de tamaño extraordinario, como, por ejemplo, la masa de 43 kilógramos que se halló en 1842 en las capas de arena aurífera de Alejandrowsk, cerca de Miask. Pedazos de 6 á 12 kilógramos, ó más pequeños, se encuentran con bastante frecuencia. Entre los rios y torrentes que arrastran oro, los principales de Alemania son el Rhin, el Danubio, el Isar y el Inn; de España, el Darro, el Sil y algunos de Astúrias.

Grupo del Platino.

85. El platino sólo se encuentra en estado nativo, rara vez cristalizado en el sistema cúbico, casi siempre en granos ó pedazos redondeados. Hállase siempre acompañado de otros metales, ordinariamente del hierro en la proporcion de 5 á 11 por 100; con ménos frecuencia del *iridio*, *osmio*, *paladio* y *rodio*, metales nobles, muy semejantes al platino, y de considerable densidad. La del platino nativo es de 17 á 18, y su color, gris de acero. Fué descubierto primeramente por los españoles en la América, donde, de la palabra *plata*, recibió el nombre de *platina* (semejante á la plata). Mas tarde se halló con abundancia al pié de los montes Urales, dondo yace en los depósitos de aluvion, ordinariamente entre las piedras procedentes do rocas serpentinosas, habiéndose recogido fragmentos de 5 á 12 kilógramos.

V.—Clase de las combinaciones orgánicas.

Grupo de las sales orgánicas.

86. En este pequeño grupo comprendemos la *humboldita*, que consiste en oxalato ferroso, y la *melita*, que es una combinacion de alúmina y de un ácido compuesto de carbono y oxígeno, C^3O^4, y llamado *ácido melítico* conforme á este mineral. En cuanto á este último, saca su nombre de su color, semejante á la miel, y cristaliza en octaedros trasparentes de base cuadrada. Calentándola,

la melita se ennegrece, carboniza y deja un resíduo blanco de alúmina. Estos dos minerales son raros y sin aplicacion á la industria.

Grupo de las resinas minerales.

87. Comprende este grupo cuerpos sólidos ó líquidos, los cuales, por su orígen, propiedades y composicion química, se colocan entre las resinas y aceites esenciales producidos por la descomposicion de materias vegetales, y de que hemos tratado en nuestra *Química.*

El *sucino*, ó *ámbar amarillo*, es una resina fósil, que se encuentra principalmente en los depósitos de lignito ó en contacto con éstos. Se presenta en fragmentos ó granos irregulares, redondeados ó en ángulos obtusos, y muchas veces en forma mamelonada ó estalactítica; tiene fractura concoide, color variable del amarillo de miel al oscuro, y es trasparente ó traslúcido; D.=2 á 2,5; P. E.=1. Adquiere por frotacion olor agradable y electricidad negativa; se disuelve en gran parte en el alcohol hirviente; se funde á los 287 grados, y arde con llama clara y olor aromático, dejando un resíduo carbonoso. Se compone de 80 centésimas de carbono, 10 de hidrógeno y 10 de oxígeno, lo que da la fórmula $C^{10}H^{16}O$. Yace por lo general en las orillas del mar, arrojado por las olas, en fragmentos aislados, ó bien á una distancia más ó ménos grande del litoral, en capas de arena ó de arcilla. La pesca y la excavacion del ámbar amarillo constituye en Prusia, en las costas del mar Báltico, desde Dantzig á Memel, una industria bastante activa. Es frecuente encontrar fragmentos de ámbar que llevan adheridas todavia partículas de madera ó de corteza; otras veces contienen en su interior insectos, hojas y conos de pino, lo cual prueba induda-

blemente que proviene de la destruccion de árboles de este género.

El *retinasfalto*, el *copal fósil*, el *betun elástico*, el *sebo de roca* ó *scheererita*, la *idrialita* y la *cera fósil* ú *ozocerita*, son cuerpos semejantes á la resina ó á la cera, compuestos de *carburos de hidrógeno* y más ó ménos mezclados con materias terrosas. La más importante de estas sustancias es la *ozocerita*, que se encuentra abundantemente en Moldavia: es verdosa, blanda, petrificable, combustible, y se utiliza para hacer bujías de parafina.

El *aceite mineral*, llamado de ordinario *nafta* ó *petróleo*, es incoloro, amarillo, oscuro ó negro, y más ó ménos espeso. P. E. = 0,7 á 0,9. Tiene un olor bituminoso particular, es volátil, muy combustible y arde con una llama fuertemente fuliginosa; no se disuelve en el agua, poco en el alcohol, pero es muy soluble en el éter. Sus elementos constitutivos son el carbono (hasta 88 por 100) y el hidrógeno, en proporciones muy variables, puesto que este aceite es una mezcla de diversos carburos líquidos de la fórmula $C^nH^n + 2H^2O$. Proviene de la destilacion natural de la hulla, y penetra en diferentes rocas de sedimento, ó bien brota de la tierra, solo ó con agua, en la cual sobrenada.

En los Estados-Unidos se han descubierto y explotan fuentes que parecen inagotables, y el petróleo que se extrae de ellas se consume en todos los pueblos. Estas fuentes, casi todas artificiales, pertenecen á terrenos bastante antiguos, y ocupan una region de muchas leguas de anchura, que se extiende desde el Canadá á la Pensilvania en algunos grados de latitud. Las más abundantes se hallan en éste último Estado, en el sitio llamado *Oil-Creek*, donde se han perforado centenares, de las cuales algunas dieron al principio hasta 1,500 barriles de petróleo por dia. La hulla bruta se refina, y se ofrece en el comercio de muchas maneras.

La gran boga del petróleo americano llevó la atencion hàcia las fuentes que se encuentran en otros países, y que se han empezado á explotar de una manera contínua. Las más abundantes son las de Baku, en el mar Cáspio, conocidas desde los tiempos más antiguos; luégo las de Galitzia, entre Cracovia y Lemberg. Tambien las hay en Haering, Tirol; en Lobsann, Alsacia; en Navarino, Grecia; en Soria, España, y en el Hannover.

El *betun asfalto*, ó *betun de Judea*, constituye masas sólidas, negras y brillantes como la pez, de forma redondeada, muchas veces estalactítica, de fractura concoide y de olor característico, betuminoso. D. = 2; P. E. = 1,07 á 1,2. Se reblandece por el calor, se funde á la temperatura del agua hirviendo, y arde con mucho humo, dejando poco resíduo. Muy abundante en las costas del Mar Muerto, se encuentra tambien en Lobsann, Alsacia. Esta materia es muy útil y de muchas aplicaciones industriales.

GEOLOGÍA

Ó

CIENCIA DE LAS ROCAS Y DE SUS YACIMIENTOS.

88. En la gran série de minerales que acabamos de examinar, hemos encontrado muchos que, independientemente de sus propiedades particulares, atraen nuestra atencion por su extremada abundancia en la Naturaleza. Así, el cuarzo, el calcáreo, la dolomia y otros muchos, no existen sólo en estado de cristales regulares de volúmen muy pequeño, sino con más frecuencia en formas irregulares y en montones de enorme potencia. Entónces no es yá la forma, brillo, dureza, etc., lo que en primer término cautiva nuestra atencion, sino relaciones y circunstancias de muy distinta naturaleza. No constituyen yá el objeto de nuestro estudio esos pequeños ornamentos de elegante y acabada perfeccion que decoran este inmenso edificio de la tierra, sino que nos hallamos en presencia de los potentes fundamentos, muros y pilares de que está construido; en una palabra, las rocas son las que se imponen á nuestra atencion.

Importa, pues, examinar en primer lugar los materiales mismos de este edificio, para estudiar despues su estructura y formacion.

89. Admitimos como un hecho demostrado que la tierra es un cuerpo esferoidal, aplanado en sus polos, y cuyo diámetro de uno á otro polo es de 1,713 leguas geográficas (de 15 al grado). La superficie de este globo está calculada en 9.282,000 leguas cuadradas, de las cuales 7.200,000 próximamente están cubiertas por las aguas, y 2.082,000 constituyen la tierra firme. Segun la ley de la gravedad y movilidad de sus moléculas, el agua se dispone en una superficie plana, y solamente en su totalidad aparece como una superficie esférica; pero si consideramos, por el contrario, la parte sólida de la corteza terrestre, vemos que ofrece los aspectos más diversos. Del seno de vastas llanuras, comparables al mar, se elevan, insensiblemente ó de súbito, las alturas, unas veces en grandes moles, otras en líneas ó puntos aislados; y todo esto, estepas, desiertos, altas mesetas, colinas, montañas con sus valles, precipicios, paredes abruptas y picos que se pierden en las nubes, presenta un encanto infinito por la variedad de sus cuadros graciosos é imponentes.

90. Pero al lado de la forma exterior de las montañas, nos sorprende igualmente la diversidad de las rocas ó piedras que las constituyen. El que se ha criado en un país donde las montañas están formadas de rocas macizas é irregulares, tales como el granito, basalto ó pórfido, queda vivamente impresionado cuando percibe por vez primera las capas paralelas de los terrenos sedimentarios, con sus rocas aplastadas de calcáreo ó de arenisca y sus innumerables restos petrificados de séres orgánicos.

Las rocas han sido objeto de investigaciones múlti-

ples, y de medio siglo acá la corteza terrestre ha sido explorada hasta alturas de 7,500 metros, hasta profundidades de 950 metros, y en todas direcciones por su superficie. Los geólogos han llamado á todas partes con su infatigable martillo, y en todas partes han recogido con cuidado las respuestas recibidas; de manera que poco á poco la ciencia se ha elevado al estado de formarse una imágen bastante fiel de la estructura de la tierra, y de las causas que la han traido al estado en que la vemos.

Verdad es que la exploracion exacta de las rocas y de su yacimiento no se ha emprendido hasta ahora sino en Alemania, Francia, Inglaterra y países vecinos; pero tenemos el suficiente conocimiento de las dos Américas y de diversas regiones del Asia, para poder establecer en principio estas dos importantes proposiciones:

La corteza terrestre no se compone sino de un número relativamente muy pequeño de especies de rocas.

Estas rocas son idénticas en los puntos más distantes del globo, tanto respecto de su naturaleza mineral, como en cuanto á su yacimiento.

Así, pues, miéntras que el mundo de los animales y de las plantas presenta evidentemente las mayores diferencias en el ecuador, en la zona templada y en las regiones polares, las rocas se muestran siempre las mismas en todas las regiones de la tierra. No hay diferencia alguna, por ejemplo, entre los granitos de la América del Sur, del Heidelberg y del círculo polar ártico.

91. Para conocer exactamente una roca, es necesario empezar, ó por considerarla bajo el punto de vista *mineralógico*, ó por determinar su composicion química, dureza, densidad, etc. Pero importa tambien observar la forma de las rocas; porque, bien que no se presenten en cristales, ofrecen sin embargo, cuando yacen en grandes masas, configuraciones muy características. Despues de esto, es necesario examinar el modo de su yacimiento, y

por último y sobre todo, los *fósiles*, que muchas contienen en gran cantidad; dado que nada es tan esencial para conocer y distinguir las rocas como esos restos petrificados de animales y de plantas. En su consecuencia, expondremos las diferentes partes de nuestro asunto en el órden siguiente: 1.° Estudio de la *naturaleza mineral de las rocas;* 2.° y 3.° Estudio de sus *formas* y *yacimientos;* 4.° Estudio de sus *petrificaciones*. El conjunto de estos cuatro capítulos constituye los elementos de la *Geognosia*, conocida la cual podremos entrar en la *Geología* propiamente dicha, ó sea, en el estudio de la estructura de la corteza terrestre, de la formacion y edad relativa de los diferentes sistemas de montañas que en ella se distinguen.

ELEMENTOS DE GEOGNOSIA

I.—Estudio de las Rocas.

(Lithología ó petrografía.)

92. Al tratar de conocer las piedras ó las rocas, tropezamos con las mismas dificultades que en el estudio de los minerales; pues aquí tambien es necesario, para formarse idea precisa de las cosas, ver por sí mismo, disponer de colecciones, romper las rocas con el martillo, visitar y examinar atentamente los valles, las montañas, los lechos de los rios, los cortes de los caminos, las canteras, minas, etc.

Por esto no debe juzgarse la descripcion de las rocas que vamos á presentar, sino como una simple indicacion de las más importantes. Es mucho ménos difícil formarse una coleccion de rocas que de minerales, porque, presentándose siempre aquéllas en masas más ó ménos considerables, es fácil ó poco costoso hallar ó adquirir buenos ejemplares. El que ha empezado por coleccionar las rocas de su comarca podrá, sin mucho costo, propor-

cionarse las que componen los terrenos de países extranjeros, recurriendo al efecto á los comercios de minerales que hemos citado en el párrafo 37.

93. Con la denominacion general de *roca* designamos toda masa mineral que constituye parte considerable de la corteza terrestre. Por su composicion, las rocas son de dos clases: ora consisten únicamente en partículas (pequeños cristales, granos, láminas, etc.) de un solo mineral, ora en la mezcla de partículas de dos, tres ó muchas especies minerales. Las primeras se llaman *rocas simples;* las segundas, *rocas mezcladas*. Así, por ejemplo, el *mármol,* que sólo se compone de granos calcáreos, es roca simple, miéntras que el *granito,* que contiene moléculas de cuarzo, de mica y feldespato, es roca mezclada.

94. En nuestra descripcion de los minerales, tuvimos ocasion de emplear á cada paso términos para designar la estructura de los cuerpos brutos, y claro es que algunos de estos términos deben aplicarse tambien á las rocas, en las que se distingue igualmente una estructura ó textura granular, espática, fibrosa, lamelar, compacta, terrosa, etc. Sin embargo, las rocas compuestas presentan en la manera de mezclarse ciertas particularidades, que conviene señalar ántes de describirlas. Las partes heterogéneas que las componen, pueden hallarse reunidas en masa *cristalina*, ó bien mantenidas juntas por una materia no cristalina, al modo que las piedras de un muro están cementadas por su mortero. En muchas rocas la coherencia es íntima, en otras, por el contrario, muy débil, y de aquí su nombre de rocas *movedizas*, tales como los depósitos de arena, de guijarros, piedras rodadas, ciertas margas, etc. La mezcla misma puede ser visible á la simple vista, ó bien *indistinta* y no reconocerse sino por medio de la lente ó por via química. Se llama *esquistosa*

la roca que se deja dividir en hojas más ó ménos delgadas en cierta direccion, lo que sucede ordinariamente cuando una ó todas las partes de la mezcla, teniendo la forma de láminas ó pajillas, están dispuestas de plano y paralelamente entre sí. Denominamos *oolítica* la roca que consiste en una aglomeracion compacta de gránulos redondeados, semejantes á huevos de peces y del espesor de un grano de mijo, que se hallan aglutinados juntos y formados de capas concéntricas: cuando los granos son más gruesos, del tamaño de guisantes, se denomina esta estructura *pisolítica*. Una de las texturas más notables es la *porfídica*, caracterizada por una pasta fina y homogénea, en la cual se hallan engastados aisladamente cristales más ó ménos grandes de algun otro mineral, que producen sobre este fondo el efecto de jaspeados. La roca se denomina *amygdaloide* cuando contiene vesículas más ó ménos grandes, llamadas *amygdalas*, y llenas en todo ó en parte de otro mineral; pero si estas vesículas son angulosas, la roca recibe la denominacion de *escoriácea*. Las cavidades en las rocas se reconocen con el nombre de *geodas*, las cuales son mayores que las amygdalas y están tapizadas de hermosos cristales.

En fin, debemos mencionar que algunas veces las rocas contienen *accidentalmente* tal ó cual mineral incorporado en forma de cristales aislados, pero de una manera tan subordinada, que la roca no experimenta en su conjunto ninguna alteracion. Así, encontramos granito conteniendo granates, sin que por esto deje de conservar todos los caractéres que le son propios.

Division de las Rocas.

95. Se pueden clasificar las rocas por diferentes sistemas: segun su textura, por ejemplo, en granudas es-

páticas, lamelares, etc.; pero el mejor sistema será el que no separe las análogas por su composicion química. El carácter de una roca es mucho más variable que el de un mineral, no siendo raro ver cierta roca trasformarse en otra, como por ejemplo, el calcáreo compacto en granudo, ó el granito en gneis.

Conservaremos en general la division ántes indicada, en rocas *simples* y rocas *mezcladas* ó *compuestas*, y sólo trataremos de las más importantes, describiendo los caractéres que las distinguen esencialmente.

A.—Rocas simples ú homogéneas.

96. Acabamos de describirlas en la *oryctognosia*, por lo que nos limitamos á indicar aquí, en el órden conveniente, los nombres de las que tienen alguna importancia en Geognosia, con los párrafos que les conciernen.

1. *Cuarzo*, roca de cuarzo, cuarcita, §. 48.	13. *Obsidiana*, §. 65.
2. *Grafito*, §. 45.	14. *Augita*, §. 69.
3. *Antracita*, §. 46.	15. *Hornblenda*, §. 69.
4. *Hulla*, §. 46.	16. *Esquisto talcoso*, §. 67.
5 *Lignito*, §. 46.	17. *Esquisto cloritado*, §. 67.
6. *Turba*, §. 46.	18. *Serpentina*, §. 68.
7. *Sal gemma*, §. 52.	19. *Piedra de iman*, §. 71.
8. *Yeso*, §. 54.	20. *Oligisto* (mina de hierro rojo) §. 71.
9. *Dolomia*, §. 58.	21. *Limonita* (mina de hierro moreno) §. 71.
10. *Eurita*, §. 65.	22. *Hierro espático*, §. 71.
11. *Perlita*, §. 65.	23. *Asfalto*, §. 87.
12. *Retinita*, §. 65.	

B.—Rocas compuestas ó heterogéneas

a.—Rocas de textura cristalina.

97. Los elementos de una roca compuesta que son indispensables para su constitucion, se llaman sus *partes esenciales:* así, el cuarzo, la mica y el feldespato son las partes esenciales del granito. Pero las proporciones en que estas partes se combinan para formar la roca, varían considerablemente, pudiendo algunas entrar en cantidades tan mínimas que sean invisibles, y otras predominar más ó ménos. Puede suceder tambien, que una parte esencial sea reemplazada por otro mineral, el cual toma entónces el nombre de *parte sustituyente* de la primera. De aquí resultan transiciones de una roca á otra, que dificultan en gran manera fijar y describir los caractéres de algunas. Los minerales contenidos en las rocas cristalinas que no pertenezcan esencialmente á su composicion, se llaman *partes accidentales* ó *accesorias;* y entre estos minerales hay algunos que parecen estar tan ligados á la existencia de ciertas rocas, que se los considera como partes *características* de ellas: ejemplos, la olivina en el basalto, la turmalina en el granito. El modo de *formarse* ciertas rocas cristalinas se puede observar en toda erupcion volcánica, donde se ven torrentes de materias en fusion solidificarse en *lavas*, que son semejantes á las emanadas de volcanes há tiempo extinguidos, y que se llaman *rocas volcánicas*. Hay otras rocas, de formas irregulares y siempre en masas de mucha más potencia que las lavas, las cuales, por las circunstancias en que se presentan, puede admitirse que salieron igualmente del seno

de la tierra en estado líquido, pero que no fueron levantadas y traidas á la superficie sino despues de haberse solidificado en las profundidades. Estas especies de rocas, entre las que se cuenta el granito, se llaman *plutónicas*, y se designan con el nombre de *rocas eruptivas* todas las que han sido expulsadas del interior al exterior por medio de fracturas en la corteza terrestre.

Las rocas de esta clase son numerosas, pero de composicion química bastante unifórme. Predominan en todas la sílice y la alúmina, la primera en la proporcion de 45 á 80 por 100, la segunda en la de 10 á 20; el protóxido de hierro y la cal pueden llegar hasta el 10 por 100, y hasta el 6 la potasa y la sosa. Se subdividen en dos grupos, en *acidites*, esto es, rocas ricas en sílice (más del 60 por 100), y en *basites*, pobres en sílice, pero que contienen en cambio fuertes proporciones de bases metálicas.

Los principales minerales que componen las rocas cristalinas son el *feldespato*, el *cuarzo*, la *mica*, la *hornblenda* y el *augita*. Se cuentan como secundarios, por entrar á componerlas en menor cantidad y con más ó ménos rareza, la nefelina, la leucita, la olivina, el granate, la turmalina, la clorita, la magnesia, el hierro magnético y el hierro carbonatado. No podemos fabricar artificialmente ninguno de estos minerales por medio de sus elementos, y lo mismo nos sucede respecto de las rocas; lo cual prueba que se formaron en condiciones que nos son desconocidas, ó que no está en nuestra mano reproducir.

Las lavas, una vez solidificadas, se alteran más ó ménos por la accion de la atmósfera y del agua, cuya observacion nos autoriza á creer que las rocas eruptivas tampoco se encuentran yá en su estado primitivo, sino que han sufrido diversas modificaciones por la accion química ó mecánica. Otro tanto sucede respecto de ciertas especies de rocas *sedimentarias* ó depositadas en las aguas, y que más tarde adquirieron textura cristalina.

Las rocas en que tales modificaciones son muy marcadas, se llaman *metamórficas*, y á este grupo pertenecen el gneis y el esquisto cristalino.

Esquisto arcilloso.

98. El esquisto arcilloso, llamado tambien *filita*, es una mezcla indistinta de partículas muy menudas de mica, de cuarzo y de clorita, acompañadas frecuentemente de minerales feldespáticos y algunas veces de carbon. Contiene de 50 á 60 por 100 de sílice. Su extructura es claramente esquistosa; su fractura, esquirlosa ó térrea, y su color más comun, gris-verdoso ó gris-azulado, alguna vez violeta, rojo, moreno ó negro. Cuando se descompone superficialmente, adquiere color amarillento; reducida á polvo, es de ordinario blanca, y negra si contiene mucho carbon. Entre sus componentes se encuentran accidentalmente la chiastolita, la extraurotida, el granate, la turmalina y la pirita de hierro. De estos esquistos, los ricos en sílice y en mica no se descomponen al aire; pero los duros, y sobre todo los piritosos, se desagregan fácilmente y forman suelos arcillosos de buena calidad.

Especies.—El *esquisto arcilloso* ordinario; la *grauwacka*, roca esquistosa en que predomina la sílice, de textura granular, semejante á la arenisca; la *pizarra* ó filada, gris-negra, empleada como techumbre y en forma de tablillas para escribir; los esquistos que se utilizan como piedras de afilar y como *lápices* con que escribir sobre la pizarra; el *esquisto de dibujo*, que contiene bastante carbon para ser blando y descolorante, y se emplea como lápiz negro natural; el *esquisto aluminoso*, particularmente rico

en carbon, en pirita de hierro y alúmina, y sirve para la fabricacion del alumbre; el *esquisto carbonado combustible*, impregnado con frecuencia de materias carbonosas ó betuminosas, hasta el punto de ser combustible.

Micaesquisto.

99. Consiste en una mezcla distinta de mica y de cuarzo, dispuestos en capas paralelas y alternas, de tal manera muchas veces, que las pajillas de cuarzo se hallan como envueltas por láminas de mica. Contiene de 60 á 80 por 100 de sílice; su fractura es esquistosa, y su color, gris, blanco, amarillento, rojizo ó moreno brillante. Se compone accidentalmente de granate, talco, clorita, feldespato, anfibol, turmalina, estaurótida, pirita de hierro, hierro magnético y grafito, y se trasforma en gnéiss y en esquisto arcilloso, talcoso, clorítico ó anfibólico.

La mica es reemplazada muchas veces por otros minerales, resultando entónces, por ejemplo, las rocas siguientes: el *esquisto clorítico*, casi siempre de color verde, porque á la mica ha sustituido la clorita; el *esquisto talcoso*, en que el talco ocupa el lugar de la mica y da á la roca tacto jabonoso y dureza tan débil, que la convierte en *piedra ollar;* el *esquisto micáceo ferruginoso;* la *itacolumita* ó arenisca flexible del monte Itacólumi, en el Brasil; el *esquisto turmalínico*, y el *esquisto grafítico*.

Gneiss.

100. Esta roca consiste en una mezcla de cuarzo, de feldespato y de mica, hallándose los dos primeros en estado

granular y formando capas separadas entre sí por láminas ó escamas de mica. Contiene de 65 á 75 por 100 de sílice, y es esquistoso, gris, blanco, amarillento, rojizo, verdoso, etc. Sus minerales accidentales son: el granate, la turmalina, el epidoto, la andalucita, la pirita de hierro, el grafito, etc. Pasa al estado de micaesquisto y de granito.

En el *gneiss talcoso* la mica está reemplazada por el talco, y en el *syenítico* por el anfibol.

Granito.

101. La estructura granular de esta roca hizo que se le diese de antiguo el nombre con que todo el mundo la conoce. Es una mezcla de cuarzo, de feldespato y de mica; pero las láminas de esta última no yacen paralelamente ni producen, por tanto, textura esquistoidea. El feldespato constituye ordinariamente más de la mitad de su masa total, y por esto imprime su color al granito, que es blanco, gris-claro, algunas veces rojizo, amarillento ó verdoso. El cuarzo se halla en forma de granos cristalinos, rara vez en la de cristales; y la mica entra siempre en menor cantidad que los otros dos elementos. El granito contiene por término medio 70 por 100 de sílice, y no debemos despreciar una pequeña proporcion de agua, de 0,05 á 1 por 100. Su peso específico medio es 2,65. Como mezclas accidentales, contiene: turmalina, anfibol, andalucita, pirita, epidoto, granate, topacio, grafito, hierro magnético, casiterita, etc. Se encuentran transiciones del granito al gneiss, á la sienita y al pórfido.

Especies.—El granito *porfiroideo*, con grandes cristales aislados de feldespato; el *gráfico*, que no tiene mica, y se llama así por sus líneas quebradas, que semejan caractéres hebráicos, formadas por el cuarzo que se halla

enclavado en el feldespato; la *protogina*, propia de los Alpes, que es una mezcla de los feldespatos ortosa y albita, de cuarzo y talco verde, de donde proviene su color verde y tacto graso, y que apénas contiene mica; la *granulita*, mezcla esquistoidea y finamente granuda de eurita y cuarzo, conteniendo casi siempre pequeños granates y rara vez mica; la *hyalomicta* ó *greisen*, mezcla de cuarzo y de mica, las más veces con la cassiterita y la pirita de arsénico, pero sin feldespato, ó si lo contiene, es en muy pequeña cantidad.

El granito es una de las rocas más abundantes. A causa de su dureza es muy apropósito para la construccion de caminos, pero no es preferido como piedra de construccion por lo muy difícil que es de trabajar; sin embargo, se talla algunas veces en grandes pedazos ó en columnas para los edificios monumentales. En Sevilla se utiliza el procedente de Jerena y del Pedroso, para el pavimento de las calles y para rulos de los molinos de aceite. Segun su constitucion, los granitos resisten más ó ménos á la accion destructora de la atmósfera. El granito rico en feldespato se desagrega con bastante facilidad, dando algunas veces el *kaolin*, con el que se forma generalmente un suelo arcilloso y fértil; el granito rico en cuarzo es más sólido, y si se desagrega, sólo produce casquijo estéril, que en España se llama *porrilla*. Las formas que resultan de la desagregacion de los diferentes granitos son tambien muy desiguales; así, miéntras que las masas graníticas de los Alpes están erizadas de dientes, cuernos ó agujas, los granitos del Odenwald, lo mismo que los del Pedroso, en la provincia de Sevilla, se presentan en abultamientos redondeados, semejantes á los fardos de algodon, como si hubiese habido en ellos una fuerte resistencia por parte de un núcleo interior. Cuando la descomposicion se verifica desigualmente en el contorno de las masas graníticas que están sobrepuestas en

grandes pedazos, unas sobre otras, resultan muchas veces formas muy extrañas, *especie de columnas, molinos del diablo, mares de roca*, etc. El *cheswring*, en Cornoailles (fig. 80), es uno de los fenómenos más notables de este

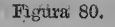


Figura 80.

género. En España llamamos á esas piedras sobrepuestas, desiguales, en equilibrio, formando especie de columnas, *piedras caballeras*.

Syenita.

102. Esta roca es una mezcla distinta de feldespato y anfibol, á los que se agrega con frecuencia cuarzo y mica, y entónces podria llamarse el todo *granito anfibólico*. La syenita apénas posee minerales accidentales; sin embargo, está caracterizada por la presencia constante de la *titanita* en cristales oscuros muy pequeños. Tiene estructura granuda, color rojizo ó verdoso, y pasa al estado de granito, de roca anfibólica y de pórfido. Contiene el 60 por 100 de sílice; P. E. = 2,6. Se llama *syenita porfiroide* cuando está engastada de grandes cristales de feldespato, y *syenita esquistosa* si el anfibol está dispuesto en hojas.

La syenita tiene los mismos usos que el granito, pero se la prefiere por la belleza de sus matices y dibujos. De una variedad rojiza de esta roca se construyeron antiguamente en el alto Egipto várias edificios y monumentos; y el mismo nombre de la roca deriva de Syena, localidad de aquella comarca.

Diorita ó Grünstein.

103. Con este nombre se comprenden várias rocas de caractéres poco marcados. Se distinguen de las precedentes por su mayor peso específico, de 2,9 á 3, y por su menor proporcion de sílice, que es de 48 á 54 por 100. Las dioritas consisten principalmente en minerales feldespáticos con base de sosa, tales como la albita, la oligoclasa y la labradorita; en segundo lugar vienen los anfiboles, y por último, la augita, la dialaga y la hyperstena. La mezcla varía más ó ménos, y su estructura es granular ó

compacta, esquistoidea ó porfiroide, alguna vez vesicular ó amigdaloide, estando llenas las cavidades de espato calcáreo. Su color predominante es el verde, gris-sombrío ó negro. Como minerales accidentales, contiene con más frecuencia pirita de hierro y, además, cuarzo, mica, clorita, granate, epídoto y hierro imantado.

Especies.—La *diorita propia*, mezcla distinta de anfibol y albita, con pirita de hierro muchas veces, y que, cuando tiene textura hojosa, se llama *esquisto diorítico*. La *eclogita*, que es una mezcla cristalina y granuda de granate y de esmaragdita verde. La *afanita*, que es compacta y de apariencia homogénea, alguna vez de estructura amigdaloide, está compuesta de anfibol y albita, y pasa al estado porfiroideo si presenta cristales aislados de albita ó de anfibol. La *diabasa*, la más comun de las especies de diorita, mezcla granuda y cristalina de albita ó de labradorita con augita y clorita, las más veces de color verde, con muy pocos minerales accidentales en general, siendo los que contiene con más frecuencia la pirita de hierro y el carbonato de cal, el cual se revela por la efervescencia en los ácidos. El *gabbro*, mezcla granuda de labradorita y dialaga, conteniendo alguna vez hierro titanado y serpentina. La *hyperstenita*, poco comun, mezcla cristalina y granuda de labradorita é hyperstene.

Las dioritas se utilizan como piedras de construccion, y algunas variedades, que se asemejan á los pórfidos, se trabajan para objetos de arte con el nombre italiano de *pórfido verde antiguo*.

Pórfido.

104. Esta roca está caracterizada por una masa ó pasta compacta, en la que están enclavados aisladamente

cristales de ortosa y de cuarzo, y en menor cantidad de mica y de albita, siendo la pasta misma eurita ó una mezcla muy íntima de feldespato y de cuarzo. Lo que tiene de más notable es, que el cuarzo está enteramente cristalizado formando dodecaedros exagonales. La proporcion de sílice varía de 70 á 80 por 100; D. = 2,5, á 2,68. La textura de esta roca es especial y se llama porfiroidea; su color es rojizo frecuentemente, y tambien amarillento, moreno ó de diversos matices. Con el nombre de pórfidos, los antiguos escultores empleaban para sus obras de arte otras rocas además de la que constituye el género geognóstico de que tratamos.

Los pórfidos se utilizan mucho como piedras de construccion, para pavimentos de caminos, etc. Su desagregacion produce un suelo que contiene potasa, ordinariamente muy fértil.

Especies.—El *pórfido cuarcífero* ó rojo, que se compone de una pasta muy compacta de eurita con cristales de cuarzo ó de feldespato, de color casi siempre rojo, amarillo ó moreno. El *pórfido micaceo*, de igual pasta que el precedente, pero con cristales de mica y de feldespato. El *pórfido syenítico*, de pasta eurítica, compacta ó cristalina, y cristales de feldespato y de anfibol. El *pórfido retínico*, cuya pasta ó masa fundamental consiste en retinita, y contiene cristales de feldespato vítreo y de cuarzo. El *pórfido arcilloso*, de pasta bastante blanda, opaca y térrea, fácilmente friable, resultando de su desagregacion una arcilla en que se encuentran diseminados los cristales de feldespato.—Se comprenden con el nombre de *porfiditos* ó pórfidos sin cuarzo, rocas semejantes á las anteriores, que consisten en una masa feldespática compacta, la cual tiene engastados cristales de ortosa, anfibol, oligoclasa y mica magnesiana: una de sus especies, particularmente rica en esta mica, se llama *mineta*. Or-

dinariamente no contiene apénas más del 60 por 100 de sílice.

Muchas variedades de pórfido son notables por sus jaspeados bien pulimentados, y se las talla para objetos de arte ó de adorno; así, el porfidito rojo (pórfido rosso antico) sirve para hacer columnas, tapas de mesa, vasos, urnas, copas, etc., de tamaño frecuentemente considerable. Las mejores obras de pórfido provienen de Elfdalen, Suecia, y de Kolywan, Rusia asiática.

Meláfiro.

105. Esta roca, llamada tambien *pórfido negro*, es una mezcla compacta ó ligeramente cristalina, indistinta las más veces, de augita y de labradorita, frecuentemente con cristales aislados de uno ú otro de estos minerales, que le dan un aspecto porfidoideo, y de color oscuro, moreno, verdoso ó negro. Es difícil reconocer la naturaleza exacta de la masa fundamental de los meláfiros, y de aquí proviene el que las indicaciones relativas á la composicion de estas rocas sean muy discordantes. Segun análisis recientes, esta pasta seria una mezcla íntima de mucha oligoclasa y cierta cantidad de augita, con un poco de hierro magnético. Lo que aumenta la dificultad para determinar el carácter mineralógico de las meláfiras, es las modificaciones más ó ménos profundas que estas rocas han sufrido casi siempre, y que se revelan por la presencia de cierta cantidad de agua y el tinte más claro de la pasta, gris ú oscura. Contiene por término medio 55 por 100 de sílice, y densidad=2,7.

Se distinguen tres especies principales: la *melafira compacta*, la *porfidoidea* y la *amigdaloide*.—La primera es pobre en minerales accesorios. La tercera contiene, en una masa casi siempre homogénea, numerosas cavidades

ó vesículas, de forma irregular ó globulosa, á veces alargadas en un mismo sentido, ó bien en forma de pera con la punta dirigida abajo. No hay duda que estas cavidades provienen del desenvolvimiento de ciertos gases en el interior de la roca. Por lo comun no están vacías, sino ocupadas, en todo ó en parte, por minerales muy diversos, particularmente por espato calizo, calcedonia, ágata, cuarzo, zeolita, chabasia, etc., los cuales están dispuestos, ora en geodas ó capas paralelas á las paredes, ora en masas irregulares, mamelonadas ó estalactíticas, ó bien rellenan todos los huecos de una manera uniforme. En Oberstein, Hundsruck, la meláfira amigdaloide contiene magníficos núcleos de ágatas, no siendo ménos notable el que á veces contenga asfalto.

La meláfira se desagrega fácilmente y da un suelo fértil. De sus variedades, únicamente las sólidas, esto es, las que no se descomponen al aire, pueden servir para la construccion de caminos ó como piedra de edificar.

Basalto.

106. Rara vez es distinta la mezcla de esta roca, la cual se compone de augita y de un mineral feldespático, que puede ser la ortosa ó la labradorita, ó bien, segun algunos autores, la zeolita fibrosa. A estos elementos se agregan de ordinario la olivina y el hierro magnético, debiéndose á este último el color negro habitual de esta roca.

El basalto es de aspecto variable: compacto, porfidoide, granuloso, amigdaloide, escoriáceo; negro, negro-verdoso, gris-negro, moreno-negro; ordinariamente sólido y pesado. P. E.=3,1. Los basaltos están caracterizados por una proporcion média de 44 centésimas de sílice únicamente, y por dos centésimas y media de agua, lo cual

prueba que la naturaleza primitiva de esta roca ha sufrido alteraciones químicas. Al soplete da un vidrio oscuro. Se distingue el basalto comun, que es denso y en apariencia homogéneo, de la *dolerit a*, cuya mezcla es bastante distinta, pudiéndose discernir en ella especialmente la augita y la labradorita vítrea. Además de olivina y hierro magnético, contiene accidentalmente nefelina, leucita, mica y pirita de hierro. La *anamesita* ó *trapp* es una roca de granos finos, que ocupa un término medio entre el basalto y la dolerita, y contiene, como accesorio característico, la esferosiderita globulosa. El basalto *amigdaloide* está lleno de cavidades ó vesículas, en las que se encuentran zeolitas y otros minerales. Con el nombre de *wacka* se designan muchas rocas cuya composicion es difícil de determinar con exactitud, y que provienen de ciertas alteraciones acaecidas en el estado cristalino de los basaltos, doleritas y meláfiras. La *wacka basáltica* es una especie de arcilla compacta ó terrosa, alguna vez escoriácea, celulosa ó amigdaloide, de color moreno gris sucio, y que pasa al estado de verdadera arcilla por una descomposicion ulterior.

Los basaltos se distinguen por una particularidad notable, como es su tendencia á dividirse en largos prismas de cinco ó seis panes, que en otro tiempo se tenian erróneamente por productos de cristalizacion. El basalto suministra la mejor materia para la construccion de caminos; para la mampostería el basalto compacto es demasiado pesado, miéntras que el escoriáceo sirve perfectamente. Este último se emplea como material seco, y sus variedades ligeras sirven para revestir interiormente bóvedas y cupulas. Cuando se desagregan, la mayor parte de los basaltos forman una tierra fértil, cuyo color negro hace que la penetre perfectamente el calor del sol.

Fonolita.

107. El nombre de esta roca deriva del griego, y significa lo que en aleman *klingstein*, «piedra sonora», porque al golpe del martillo da un sonido claro. Mezcla, en apariencia homogénea, de feldespatos, ortosa y albita, con un poco de nefelina y zeolita, tiene estructura muy compacta, esquistoidea, porfidoide por consecuencia de los cristales vítreos de feldespato que contiene, y raramente celulosa. Su fractura es esquirlosa ó concoide, vítrea ó terrosa; su color, gris-verdoso, gris ó gris-negro. Particularidad característica de esta roca es una eflorescencia térrea y blanca, que cubre casi todos los fragmentos expuestos al aire. Como minerales accesorios puede contener principalmente la *sanidina,* alguna vez la oligoclasa, haüyna, anfíbol, augita, hierro magnético, titanita, leucita, mica, y zeolitas en las geodas y cavidades. Comprende muchas especies: la fonolita compacta, la esquistosa, la porfidoide y la descompuesta, siendo esta última una roca blanda, casi térrea, y que se transforma, lo mismo que el mencionado polvo de eflorescencia, en una especie de tierra de porcelana.

La fonolita, que se divide naturalmente en prismas y frecuentemente en láminas ó placas, se utiliza como piedra de construccion, y puede servir, como las pizarras, para cubrir techos; pero no se presta tan bien para pavimento de los caminos. Por desagregacion da una tierra agrícola fértil, arcillosa y de color claro.

Traquita.

108. Consiste ésta en una pasta ó masa principal,

finamente granuda, ó compacta y hasta terrosa, formada de feldespato vítreo ó *sanidina* y de oligoclasa, en la cual hay diseminados cristales de sanidina y de anfíbol, y con frecuencia tambien pajillas de mica; algunas veces estos cristales son bastante grandes para dar á la roca un aspecto porfidoide, en cuyo caso se llama *traquita porfídica*. La pasta es siempre de tinte claro, blanco, gris, amarillloso, rojizo ó verdoso.

La traquita se distingue siempre al tacto por una aspereza particular debida al feldespato vítreo; contiene de 62 á 70 por 100 de sílice, y además una pequeña cantidad de agua. P. E. =2,6. No es raro encontrarla dividida naturalmente en prismas, como se observa en la tan notable traquita de Drachenfels, no léjos de Colonia.

Como piedra de construccion, esta roca es fácil de trabajar al martillo, pero, por su tendencia á desagregarse al aire, es de poca duracion. Este inconveniente se ha tocado especialmente en la cúpula de Colonia, cuya parte más antigua fué edificada con la traquita de Siebengebirge. En cambio, esta roca suministra á la agricultura un suelo arcilloso fértil.

Lava.

109. Designamos con este nombre general las diversas rocas procedentes de la solidificacion de las materias en fusion que se derraman en las erupciones volcánicas. No es, pues, la composicion mineral, sino el modo de formarse, lo que constituye el primer carácter distintivo de las lavas. Tienen todas de comun que se presentan siempre acribilladas de pequeñas cavidades, que dan á la masa una estructura porosa ó escoriacea. En estas células, que se hallan revestidas interiormente de un barniz

delgado y vítreo, rara vez se encuentran minerales, y cuando los hay, nunca las rellenan completamente.

Las lavas consisten principalmente en minerales feldespáticos, conteniendo casi siempre, como accesorio, hierro magnético. Segun los otros minerales que entran en su composicion, así se distinguen en lavas traquíticas ó ácidas, que consisten en sanidina y oligoclasa, acompañadas de anfíbol, y contienen de 60 á 75 por 100 de sílice; y en lavas *basálticas* ó básicas, cuyas partes constitutivas principales son la augita y la labradorita, acompañadas de olivina: su sílice varía en las proporciones de 42 á 50 por 100; P.E.=2,8 á 3. La densidad de las lavas traquíticas es un poco menor, de 2 á 2,7. Al primer grupo pertenecen: la *ponce*, que es muy porosa; la *obsidiana* ó lava vítrea, y la lava *traquítica*;—al segundo, la *dolerita*, la lava *basáltica*, que apénas difiere del basalto ordinario, la lava de *leucita*, la más comun en el Vesubio, y la lava *haüyna*, en la cual se ven engastados cristales azules de este mineral.

La lava se presenta en lechos ó chorros, que tienen algunas veces potencia muy considerable. Muchas lavas, como las del Vesubio, se desagregan con facilidad y dan un suelo fértil; pero se han observado algunas, por ejemplo, las de la isla de Ischia, que tienen más de quinientos años, y aún no han sufrido alteracion. En las que están expuestas á la influencia de las emanaciones gaseosas de los volcanes, se forman por via de descomposicion muchos minerales nuevos, sobre todo sales solubles.

Las lavas porosas se emplean como materiales de construccion y como piedras de moler, siendo de estas últimas muy estimadas las que se sacan de Niedermendig, cerca de Coblenza.

b.—Rocas mezcladas mecánicamente.

ARENISCA.

110. Esta roca, tan abundante y conocida de todo el mundo, consiste en una agregacion de pequeños granos redondeados ó angulosos, reunidos por un cemento apénas visible muchas veces. La arenisca es, pues, de estructura granular y teñida de todos colores. Sus granos son de cuarzo, y el cemento es, por lo general, de sílice, arcilla ó marga, y alguna que otra vez de óxido de hierro. Segun esto, se divide en arenisca *silícea*, *arcillosa*, *caliza*, *margosa* y *ferruginosa*. La relacion entre los granos de cuarzo y su cemento varía mucho; sin embargo, este último se encuentra comunmente en menor cantidad.

Cuando contiene esta roca piedras aisladas más ó ménos grandes, se llama *pudinguiforme*. Como minerales accesorios, se mezclan alguna vez á los granos de cuarzo láminas de mica y granos de feldespato, de anfíbol ó de clorita. Esta última le imprime color verde, y entónces se llama *arenisca verde*. Todavía se encuentran otros accidentes en la arenisca, como por ejemplo, *concreciones redondeadas* ó *nódulos de arcilla*.

Las denominaciones: *arenisca del Keuper*, *liasica*, etc., derivan del lugar que estas rocas ocupan en la sucesion de los terrenos, y serán explicadas más adelante. La *grauwacka* es una arenisca de cemento silíceo-arcilloso, y sin embargo muy duro y sólido, de color ordinariamente gris, conteniendo frecuentemente mica, á veces hasta el punto de adquirir textura esquistoidea. (Véase § 98).

Las areniscas micáceas ó *psamitas* son, por lo general, groseramente esquistosas, y consisten en cuarzo y mica, llegando á veces la proporcion de esta última hasta el 50

por 100. La *arkosa* es una arenisca de granos gruesos, que proviene de la aglutinacion de restos de rocas graníticas, por cuya razon contiene granos de feldespato. La *molasa* y el *maciño* son areniscas silíceas con cemento calizo.

La arenisca es una de las materias más preciosas para varios usos. Como piedra de construccion, es muy conveniente, porque se trabaja al martillo con la mayor facilidad. Las areniscas de granos finos y color igual suministran una piedra excelente para obras de escultura, y estas son las que se utilizaron principalmente en los magníficos adornos de las antiguas catedrales góticas. El color de la arenisca va del blanco al moreno y al oscuro, pasando por el amarillo y el amarillo-verdoso. De color moreno se explota un yacimiento de singular *belleza* en Wutemberg; de color completamente rojo se encuentran con frecuencia.

Para la construccion de los caminos no es muy conveniente la arenisca, pero sus especies más duras dan piedras de moler ó de afilar, y algunas de las esquistosas sirven para techumbres.

El suelo que proviene de la desagregacion de las areniscas es uno de los ménos fértiles, porque le faltan casi absolutamente la potasa, la sosa y la propiedad de retener la humedad. Únicamente las de cemento rico en arcilla ó marga se prestan algun tanto al cultivo.

Pudinga y Brecha.

111. Estas rocas son aglutinaciones de restos fragmentarios de otras, mucho más voluminosos siempre que los granos que componen las areniscas. En la *pudinga* los fragmentos son redondeados; en la *brecha*, angulosos; sin embargo, es raro que la primera no contenga tambien

algunos pedazos angulosos, por lo que es difícil separar claramente estas dos especies de rocas.

Segun la naturaleza mineral de los fragmentos cementados, la pudinga se distingue en *gneissica*, *basáltica*, *calcárea* ó *nagelflue*, etc. Del mismo modo hay brechas *graníticas*, *porfídicas*, *calcáreas* y *huesosas*. Esta última es una mezcla de restos petrosos, de huesos rotos ó enteros y de dientes de ciertos animales, entre los cuales se encuentran tambien conchas. Las *brechas de frotamiento* se supone que han sido producidas por el choque violento de una roca fluida contra otra sólida, aquella, por ejemplo, en que fragmentos de esquisto arcilloso están cementados con una pasta porfídica. Ciertas brechas, compuestas de fragmentos de muy variadas formas y colores, adquieren por el pulimento un aspecto muy agradable, y son á propósito para la ornamentacion arquitectónica, como la llamada por los italianos *breccia verde d'Egitto*, que está compuesta de granito, pórfido y diorita, y las varias brechas jaspeadas denominadas *violetta*, *antica*, *dorata* y *pavonazza*.

Las pudingas y las brechas pueden emplearse en el empedrado de las carreteras ó como piedras de construccion. De su desagregacion resultan suelos, cuya naturaleza varía en razon de los minerales que componen estas rocas. La pudinga de fragmentos de grauwacka produce un suelo arcilloso, pero petroso, y por tanto muy movedizo. La de arenisca roja contiene, en un cemento silíceo ó arcilloso, fragmentos de pórfido, gneiss, granito, micaesquisto, esquisto arcilloso, etc., los cuales se encuentran intactos en la arena ó arcilla resultante de la destruccion atmosférica de esta roca. La brecha basáltica da por lo general un suelo arcilloso muy fértil.

Piedras rodadas, grava, arena.

112. Se designan con estos nombres montones de materiales fragmentarios, de coherencia muy débil, ó más bien nula, y que son casi idénticos, aunque sin cemento, á aquellos de que están compuestas las areniscas, pudingas y brechas. De este grupo forman tambien parte los *cantos erráticos*, pedazos de roca, con frecuencia muy voluminosos, que yacen, muy léjos del punto de su orígen, en los lugares á donde han sido llevados por las corrientes de hielo ó los hielos flotantes. La *arena* consiste de ordinario en pequeños granos de cuarzo sólo, miéntras que la *grava* está formada de todos los elementos desasociados de una determinada roca, como, por ejemplo, la *grava* ó *arena gruesa* de granito, que es una mezcla incoherente de cuarzo, mica y feldespato.

En las inmediaciones de los volcanes se encuentran depósitos detríticos de naturaleza particular, como las *bombas volcánicas*, bolas de materia escoriácea arrojadas fuera de los cráteres; los *lápili*, montones de pequeños fragmentos de lava; las *arenas* y *cenizas volcánicas*, negras ó grises, que consisten en lava reducida á polvo más ó ménos fino.

Marga.

113. Se llama asi una mezcla, en apariencia homogénea y no cristalina, de carbonato de cal y de arcilla, que es compacta ó térrea, algunas veces esquistosa, y raramente de granos finos. Las margas son grises, amarillentas, rojizas, verdosas, azuladas, negras, blancas ó abigarradas de matices diversos, y se desagregan y pulverizan

ordinariamente con rapidez por la influencia del aire. Tratadas por el ácido clorídico extendido en agua, son débilmente efervescentes. Segun el predominio de uno ú otro de sus elementos constitutivos ó la mezcla accidental de otros minerales, se distingue en marga comun, caliza, arcillosa, silícea, arenácea, bituminosa (ésta mezclada de betun y muchas veces esquistoidea); se distingue, en fin, el esquisto cúpreo ó *kupferschiefer*, esquisto margoso y betuminoso, de color negro ó gris oscuro, que llama la atencion por su riqueza en minerales de cobre, presentando además los de cobalto, niquel y plata.

La marga, á causa de su fácil desagregacion, no conviene usarla en las construcciones; pero por esto mismo es muy preciosa para la agricultura, en la que el suelo margoso se considera como uno de los más fértiles, á condicion, empero, de que no contenga ménos del 10 ni más del 60 por 100 de cal carbonatada. Por esta causa los suelos arenosos ó calcáreos se mejoran echándoles marga. Las especies más ricas en cal dan por la calcinacion el *cemento* y la *cal hidráulica*. (V. *Química*, párrafo 87.)

Arcilla.

114. Remitiéndonos á lo expuesto más arriba en el párrafo 96, designamos con este nombre una mezcla, en apariencia homogénea, de silicato de alúmina, un poco de cal y sílice. La arcilla es compacta, terrosa, blanda, friable, petrificable con agua, y capaz de adquirir perfecta plasticidad. Se encuentra de todos colores, pudiendo ser hasta negra, si contiene bitúmen. Se distingue, además de la arcilla comun y clara, la amarilla, y el *loess*, mezcla terrosa, poco coherente, de arcilla, arena y cal, gris-amarillenta, que se encuentra muy esparcida, sobre todo, en el valle del Rhin. La *arcilla salífera* está mez-

clada de partículas de sal gemma y coloreada de negro por el carbon.

Como piedras de construccion únicamente se usan algunas arcillas endurecidas, pertenecientes á formaciones antiguas, y yá hemos indicado las aplicaciones que tiene la arcilla plástica.

Esmectita, tierra de batanero.

115. Es una masa blanda y friable, que proviene probablemente de la descomposicion de la clorita, de fractura desigual y áspera, de textura térrea, fina ó grosera, untuosa al tacto, y variando su color del gris al verdoso, amarillo ó blanco. Contiene próximamente un 10 por 100 de arcilla y hasta el 60 por 100 de cal, y tiene mucha analogía con el bol. Echándole agua forma una pasta no plástica, que se emplea en la industria para desengrasar las lanas y los paños. Tambien sirve para clarificar los vinos, por cuya circunstancia se llama en Andalucía *tierra de vino*. En Las Cabezas y Lebrija hay yacimientos abundantes de esta arcilla.

Tuf.

116. Con esta denominacion se comprenden rocas ligeras y friables, la mayor parte de orígen volcánico, ó provinientes de materias depositadas en las aguas en estado de polvo muy fino. Los tufs de la primera clase tienen de particular el contener cristales de ciertos minerales, por ejemplo, de augita, con más frecuencia aún que las mismas rocas por cuya descomposicion han sido producidos. El *trass* es un tuf volcánico que, por su mezcla con la cal, forma un mortero hidráulico de mucha

aplicacion. Los procedentes de Italia, como la *puzzolana* y la *peperina*, son en parte buenas piedras para construir, y en las inmediaciones de Roma y de Nápoles se encuentran de los antiguos, grutas, etc., que fueron construidas con esta roca. Por lo demás, se desagrega con facilidad y dá un suelo extremadamente fértil. El *tuf calcáreo* es muy abundante: consiste en una caliza de textura celulo-porosa, que proviene de la precipitacion de la cal en aguas dulces y estancadas; contiene muchas veces conchas y presenta numerosas impresiones de hojas.

Tierra vegetal ó tierra arable.

117. Se llama así la capa superior de la corteza terrestre, la cual no es un terreno que pueda definirse mineralógicamente, sino más bien el resultado de la accion de la vida vegetal y animal en un suelo formado por la descomposicion de cualquier roca. Los restos de la putrefaccion de los cuerpos orgánicos se mezclan íntimamente con las partículas desagregadas de las rocas, y les comunican por lo regular un color oscuro, algunas veces negro, y propiedades muy favorables para el crecimiento de las plantas. Sin embargo, esta capa vegetal falta totalmente en algunas regiones de la tierra. En aquellos lugares, por ejemplo, cuya superficie consiste exclusivamente en rocas de cal ó de cuarzo, no encuentran las plantas las condiciones indispensables para su existencia, ó por lo ménos, no se desarrollan sino de una manera insignificante, que no basta para determinar la formacion de tierra vegetal.

II.—Forma de las Rocas.

118. Cuando estamos en presencia de una masa rocosa cualquiera, podemos considerarla bajo dos puntos de vista: ó sólo en sí misma y en su manera de ser interior, ó en su configuracion exterior y en las relaciones que tiene con las rocas vecinas. Por esta causa distinguimos en las rocas la *forma interna* y la *forma externa.*

Formas internas.

119. Jamás una roca de alguna extension se presenta como un todo perfectamente contínuo; sino que hasta en las más duras y compactas notamos separaciones ó divisiones, determinadas por hendiduras ó fallas. La manera como se han producido estas hendiduras, se puede reconocer muy bien por lo que pasa en una pasta húmeda de arcilla ó en una escoria en fusion. Al secarse la primera y enfriarse la segunda, sus partes se encojen y separan, resultando grietas y fisuras. Sin embargo, estas divisiones pueden provenir tambien de una dilatacion acaecida en la masa pedregosa, á consecuencia de ciertas modificaciones verificadas en su seno, tales como un desprendimiento de gas, una accesion de agua combinada químicamente, ó el paso de la materia al estado cristalino. La fisura producida por estas causas en una roca, es tanto mayor, cuanto la dilatacion encuentra mayor resistencia. De todo esto resultan en la masa rocosa divisiones más ó ménos notables, las cuales, segun sean mayores ó menores, así se denomina la roca *maciza incompletamente* ó *muy fisurada.*

Pero con bastante frecuencia las divisiones se producen en una roca con cierta regularidad, lo cual es á veces tan sorprendente, que se cree tener á la vista una obra hecha por la mano del hombre. Así, las hay en cuyo interior se encuentran *esferoides*, separados por efecto de la retraccion de la masa rocosa y formados de capas concéntricas. Sucede más ordinariamente que la roca esté dividida en pilares, de los cuales la mayor parte afectan la forma de prismas de seis panes. Estos prismas son algunas veces de elegancia admirable, principalmente en el basalto, así como en el pórfido, la traquita y la fonolita. Frecuentemente estas columnas están separadas trasversalmente por piezas más pequeñas, en cuyo caso se llaman *articuladas*. Estos prismas son *bacilares* ó de forma de varillas, cuando son muy menudos y más ó ménos irregulares.

Pero la division más general de las rocas es en *placas*. Las capas que en este caso resultan están limitadas más ó ménos regularmente por caras paralelas, y ora son tan gruesas que constituyen enormes pedazos, ora son tablas que pueden adelgazarse hasta el punto de convertirse en hojas de esquisto.

Estratificacion de las rocas.

120. Las rocas separadas en capas ó en lechos se llaman *estratificadas*, y presentan frecuentemente tales caractéres, que se reconoce que sus capas no se formaron simultáneamente por la solidificacion y el retraimiento de la masa, sino que se superpusieron sucesivamente y poco á poco. Esto se comprueba, sobre todo, porque en medio de muchas capas de la misma naturaleza mineral, se intercalan ordinariamente otras más delgadas y de

naturaleza diferente, como por ejemplo, las bandas de marga interpuestas entre capas de caliza.

Es indudable que las rocas estratificadas resultan de la precipitacion ó del depósito de sus elementos en el seno de aguas fluviales ó marinas, cuyo modo de formacion confirman otros muchos hechos de una manera irrecusable.

Así, encontramos con frecuencia conchas de moluscos, acuáticos ó terrestres, en las masas minerales estratificadas. Si estos animales vivian en el limo ó la arena de que está formada la capa, se encuentran en ella incorporados ó plantados en posicion vertical á la direccion de la capa; pero si, por el contrario, nadaban en el agua en cuyo fondo se ha depositado la capa, se les encuentra aún allí en la posicion que tomaron á su muerte, ó extendidos, en virtud de la gravedad, sobre su costado más ancho. De la misma manera, las piedras que se encuentran descansan siempre sobre su cara más plana, y cuando las capas contienen vegetales, como troncos de árboles, su eje es vertical á los planos de estratificacion. El modo como estas capas se formaron, todos los dias puede observarse en pequeño en nuestros rios y riberas; pero habiendo de tratar este asunto más adelante, vamos á exponer ahora los caractéres generales de las rocas estratificadas.

Las caras paralelas que limitan una capa y la separan de las vecinas, se llaman *junturas de estratificacion*, y se distingue la superior con el nombre de *epiclive*, la inferior con el de *hypoclive*. Una capa tiene por *techo* y por *suelo* las dos entre las cuales está comprendida, ó sea, la inmediatamente superior y la inferior.

Cuando los estratos han conservado perfectamente la posicion que tomaron al formarse, la estratificacion se llama *horizontal;* en este caso son paralelos á la superficie de la tierra y están sobrepuestos con regularidad, á

la manera de las hojas de un libro, como muestra la fig. 81. El espesor ó la *potencia (aa)* de las diversas capas es muy desigual, porque las hay de un espesor menor de un centímetro, que se encuentran entre otras cuya potencia

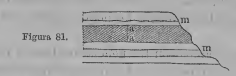
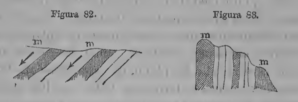


Figura 81.

puede variar de siete á diez metros. Se hallan con frecuencia tambien capas *inclinadas* respecto á la superficie de la tierra (fig. 82), ó enteramente verticales, como en la fig. 83, y entónces la estratificacion se dice *levantada*. El camino que toma el agua derramada en la superficie

Figura 82. Figura 83.



de una capa inclinada, indica el punto del horizonte hácia el cual *buza* la capa, lo que está indicado en la fig. 82 por las flechas. Este buzamiento determina la direccion de las crestas de las capas, ó sea, la *direccion de las capas*, que es siempre perpendicular al sentido de la inclinacion.

121. La cara por la cual una capa termina ó asoma en la superficie de la tierra, como *mm* (figs. 81, 82 y 83) se llama *corte*, y tambien *cabeza de capa* en los estratos inclinados ó levantados, como en las figs. 82 y 83. Las capas horizontales se hallan las más veces en los barrancos ó valles formados por corrientes de agua, como en

la fig. 84, ó bien en los cortes de los caminos, en las canteras, en los taludes de las orillas del mar. Este último caso está representado en la fig. 85.

Figura 84.

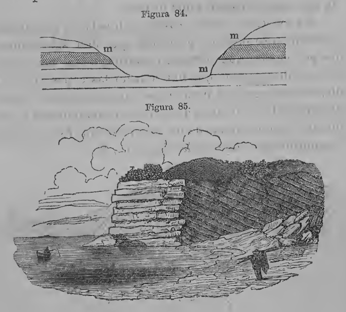


Figura 85.

Muchas veces las capas terminan en punta, es decir, que disminuyen poco á poco de potencia en una direccion, sea para desaparecer totalmente, ó para extenderse en filones apénas discernibles entre otras rocas, como se

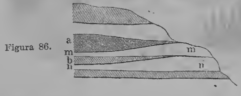


Figura 86.

ve en *a* y *b* (fig. 86). Así sucede especialmente en las hullas, donde, siguiendo una capa de débil espesor, se descubre muchas veces que es la terminacion cuneiforme de un yacimiento más poderoso.

Esto explica tambien por qué algunas veces dos capas se muestran sobrepuestas en un sitio, como por ejemplo, *m* y *n* de la fig. 86, miéntras que á poca distancia aparecen separadas una de otra.

Es evidente que las capas inclinadas y levantadas no están en su posicion primitiva, que han sido dislocadas por causas que obraron posteriormente; mas no es éste el único cambio que han sufrido las capas, pues su disposicion regular y paralela se encuentra más ó ménos desarreglada, de manera que no están sobrepuestas igualmente, como las hojas de un libro, sino que forman arcos ó sinuosidades, como en las figs. 87 y 88.

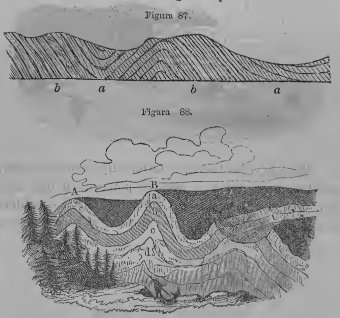


Figura 87.

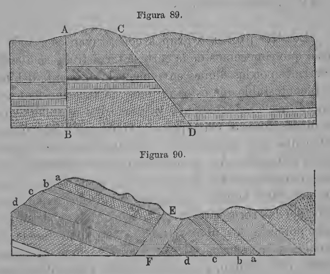
Figura 88.

En la fig. 87 se notan, además, líneas que indican en las capas arqueadas una estructura esquistosa adquirida más tarde, pues las láminas tienen una direccion particular é independiente por completo de la de las

capas, ya perpendicular *(aa)*, ya paralela *(bb)* á éstas. Estas irregularidades en la disposicion de las capas, las cuales, ora son onduladas, ora se extienden en zic-zac, y hasta algunas veces están rotas, se atribuyen á una fuerte presion ejercida lateralmente sobre la estratificacion.

Otros fenómenos provienen de una presion que ha actuado de abajo arriba. Tal es el orígen de las capas *inclinadas* y *levantadas*, y áun estas últimas pueden haber sido *volteadas* ó rotas por un movimiento de báscula, de tal manera que haya quedado entre sus cortes ó labios una hendidura, que así puede estar vacía como rellena de otra masa mineral.

A una presion de este mismo género se debe el que hayan sido dislocadas ó *desniveladas* las capas, no habiendo obrado la fuerza sino en determinada extension y sobre un conjunto de capas, como en la fig. 89, donde la



parte *ABCD* está dislocada, ó bien (fig. 90) las capas *a*, *b*, *c*, *d*, levantadas más fuertemente de un lado que de

otro por una masa rocosa *FE*, salida de la profundidad. Es evidente que el hundimiento de las capas puede haber producido tambien fenómeno semejante.

Formas externas.

122. Un exámen comparativo de la estructura de la corteza de la tierra nos enseña, que los materiales de que está compuesta pueden, segun su naturaleza general y su orígen, dividirse en cuatro grupos, á saber:

I. Rocas *macizas* ó *eruptivas.*
II. Rocas *esquistosas* ó *cristalino-esquistosas*, llamadas tambien rocas *metamórficas* ó de *transicion.*
III. Rocas *estratificadas* ó *sedimentarias.*
IV. *Filones metalíferos.*

Los tres primeros grupos constituyen casi toda la masa que conocemos de la corteza terrestre, y sólo están recorridos por los filones en venas relativamente débiles. Es incontestable que estos últimos no son sino fisuras ó hendiduras, producidas por la retraccion al solidificarse las masas rocosas principales, y que más tarde fueron rellenadas por inyecciones ó infiltraciones de nuevas masas minerales. Así se puede explicar la direccion bastante irregular de los filones; éstos, sin embargo, toman tambien parte alguna vez en los trastornos experimentados por las rocas que los contienen. A pesar de su mediana potencia, los filones tienen gran importancia, en atencion á que ciertos minerales útiles, como el espato pesado, por ejemplo, y en particular los elementos mineralizadores de los metales, están contenidos en estos filones, los cuales toman entónces el nombre especial de *filones metalíferos.*

Basta que reflexionemos un instante en todas estas circunstancias, para convencernos de que las diferentes partes de la corteza terrestre no se han formado simultáneamente, ó por lo ménos, no han sido colocadas todas á un mismo tiempo en su situacion actual, sino que todo esto se ha verificado sucesivamente, y que, por tanto, la historia de la tierra tiene tambien su cronología como la de la humanidad.

Las rocas *macizas* nunca presentan verdadera estratificacion, tal como la caracterizamos ántes, sino simplemente quebraduras irregulares, ó bien las separaciones particulares expuestas en el párrafo 119. Casi todas se hallan en estado cristalino, siendo algunas veces compactas, escoriáceas ó porfidoides, pero nunca esquistoides, ni contienen jamás petrificaciones de séres orgánicos. Su manera de ser demuestra que han sido arrojadas de la profundidad en un estado blando ó pastoso, trastornando más ó ménos otros terrenos de su situacion primitiva, comprimiéndose en las hendiduras de éstos, y derramándose por su superficie hasta el punto de cubrirla en parte. Las principales rocas de este género son el granito, la sienita, el pórfido, la diorita, el traquito, el basalto y la lava, las cuales constituyen ya montañas enteras, ya torres ó cúpulas aisladas.

El grupo de las rocas *cristalino-esquistosas* comprende el gneiss, el micaesquisto, el esquisto talcoso, el clorítico, el anfibólico y algunas especies del arcilloso. Estas rocas no solamente presentan numerosas transiciones entre sí, sino que se trasforman tambien por medio del gneiss en granito, en cuya compañía se encuentran casi siempre, no siendo raro hallar un núcleo granítico bajo un manto de esquistos cristalinos. En esta forma constituyen la masa principal de muchas de las cadenas de montañas más considerables, como por ejemplo, los Alpes. Su carácter esencial es la estructura cristalina y

esquistoide, así como la carencia de toda petrificacion. Se las considera como las rocas más antiguas, como fragmentos de la primera corteza terrestre, compuesta en su orígen de depósitos estratificados, pero que pasó más tarde al estado cristalino y esquistoide.

El tercer grupo es el de las *rocas estratificadas*, cuyos caractéres hemos expuesto con bastantes detalles. Estas rocas son depósitos ó sedimentos regulares, precipitados en el agua por capas paralelas, y conteniendo con frecuencia innumerables restos de vegetales y animales en estado de *petrificaciones* ó de *fósiles*. Consisten en capas alternativas de caliza de especies diversas, de dolomia, marga, arcilla, esquistos arcillosos, cuarcita, arenisca, pudinga, brecha y tuf, y no forman montañas sino á condicion de haber sido dislocadas de su situacion primitiva, elevadas, rotas y levantadas, y además, arañadas más ó ménos por las aguas corrientes.

123. Por último, debemos mencionar algunas *formas particulares* de mediana importancia. Tales son las *estalactitas*, masas en figura de cono, que crecen de arriba abajo en el techo de las cavidades subterráneas, y las *estalacmitas*, adheridas al suelo, y que crecen de abajo arriba por las gotas que caen de las techumbres. Fórmanse principalmente en las cavernas donde gotea agua cargada de caliza en disolucion, la cual al evaporarse deja la caliza, que construye de esta manera las diversas formas estalactíticas. Las formas por *incrustacion* se producen cuando las aguas, teniendo muchos materiales en disolucion, depositan, por via de evaporacion, una capa mineral más ó ménos gruesa sobre los objetos que cubren. Con frecuencia se encuentran entre placas de roca ramificaciones cristalinas ó diseños de árboles y musgos, llamados *dendritas*. Fácil es imitar esta formacion comprimiendo entre dos láminas de vidrio

ó piedra un poco de limo arcilloso muy fino: así se obtienen arborizaciones muy variadas, semejantes á las que se encuentran en la naturaleza en estado endurecido, y que algunas veces se toman por *musgos* petrificados.

III.—Yacimiento de las rocas.

124. Sabemos por lo que precede que los principales materiales de construccion de la corteza terrestre son las rocas macizas, las rocas cristalino-esquistosas y las rocas estratificadas, al través de las cuales serpentean los filones á manera de ornamentos.

Se trata ahora de examinar cómo estos diferentes materiales están dispuestos, y cuáles son los que constituyen los cimientos: se trata, en una palabra, de averiguar cómo y por dónde ha empezado esta construccion y cómo se ha continuado despues. Sucede aquí, en verdad, lo que en algunos antiguos monumentos de arquitectura, que han sido destruidos más de una vez y reparados ó edificados de nuevo con los restos de la construccion primitiva, de tal manera que las más veces es imposible discernir lo antiguo de lo reciente.

La observacion nos muestra que hay mucha variedad en la estratificacion de las rocas. Así, todas las capas de una montaña pueden ser paralelas y estar sobrepuestas horizontalmente (fig. 91), pero tambien puede ser que capas inclinadas ó levantadas estén cubiertas por otras horizontales, de donde resulta que las primeras debian estar yá dislocadas de su primitiva posicion cuando se depositaron las segundas (fig. 92).

Las rocas *macizas* ó no *estratificadas* se elevan ordinariamente unas al lado de otras, y es raro que se cubran horizontalmente en una distancia considerable. Pero sucede con bastante frecuencia que una de ellas esté más

ó ménos enclavada en otra, como muestra la fig. 93, que representa una masa rocosa envuelta en todo ó en parte por otra, sea por ejemplo, el granito por el gneiss, no siendo raro que la roca enclavada, penetrando al través de la roca exterior, haya arrancado fragmentos de ésta para incorporarlos en su propia masa.

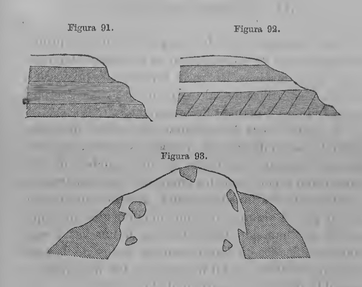

Figura 91. Figura 92.

Figura 93.

Los filones se extienden siempre más bien en direccion vertical hácia el interior de la tierra, que en sentido horizontal ó un poco inclinado. Acontece con frecuencia que todos los filones que atraviesan una roca son casi paralelos entre sí; pero cuando la roca que los contiene ha sido más ó ménos dislocada, tambien ellos se encuentran desarreglados de su encadenamiento, desgarrados ó dislocados, lo cual es causa de sérias dificultades para el minero que persigue un rico filon mineral. Tambien sucede que se cruzan y penetran mútuamente.

Del estudio de las diversas circunstancias de yacimiento que acabamos de mencionar, se desprende el hecho

importante de que, á la simple vista se puede determinar entre muchas rocas, cuál es la más antigua, ó bien, lo que es lo mismo, cuál se ha solidificado en primer lugar. Sobre este particular se pueden establecer con entera certeza los principios generales siguientes:

1.° Las capas superiores son más recientes ó más jóvenes que las inferiores; 2.° las rocas que han trastornado la estratificacion regular de sus vecinas, son en general más recientes que éstas; 3.° las masas claramente distintas en medio de otras rocas son, en general, de formacion más moderna que éstas; 4.° las rocas que contienen fragmentos ó guijarros son más recientes que aquellas de donde provinieron estos fragmentos ó guijarros; 5.° los filones son más recientes que las rocas que los contienen, y más recientes que los otros filones que atraviesan; 6.° y último, cuando una roca es más jóven que una segunda y más antigua que otra tercera, la segunda es igualmente más antigua que la tercera.

IV. — Petrificaciones.

125. Hemos visto que las rocas estratificadas contienen cuerpos denominados *petrificaciones* ó *fósiles*, los cuales á primera vista muestran que no son de orígen mineral, sino que pertenecieron en otro tiempo al reino vegetal ó animal. Se sigue de aquí que el orígen de estas rocas se remonta á una época en que yá existian plantas y animales.

Lo que se llama *petrificacion de los cuerpos organizados* no se ha verificado, naturalmente, en el sentido de que sus elementos químicos se hayan trasformado en elementos mineralógicos, cosa imposible segun nos enseña

la Química; sino que en ciertos cambios sufridos por la corteza terrestre, vegetales y animales fueron envueltos por una masa mineral limonosa, y en ella quedaron sepultados cuando dicha masa se hubo solidificado en roca. En este caso, las partes de sus cuerpos que estaban formadas de carbono, oxígeno é hidrógeno, fueron destruidas por via de descomposicion química, sin que se encuentre de ellas la menor huella. Mas, ordinariamente, estos cuerpos dejan en la piedra una impresion, por la que puede reconocerse con más ó ménos exactitud la forma que tenian. En ciertas circunstancias favorables, se han conservado impresiones hasta de formas vegetales ó animales, muy blandas y delicadas, como por ejemplo, las alas de insectos neurópteros conservadas en las calizas litográficas de Solenhofen. Granos de polen é insectos pequeñísimos se han conservado perfectamente en la resina blanda, cuya solidificacion produjo el ámbar amarillo. La madera se ha petrificado por un procedimiento diferente: aquí las células y los espacios intercelulares han sido invadidos por un líquido mineral, ordinariamente por sílice disuelta en el agua, que se ha solidificado allí conservando la forma y hasta la textura interna de la madera, miéntras que la celulosa de ésta se ha destruido á causa de su naturaleza orgánica.

Lo que ha podido conservarse en realidad son las partes sólidas de las plantas y animales, las que consisten en caliza ó sílice, tales como las envolturas de los crustáceos y las conchas de los moluscos, los huesos y dientes de los vertébrados, los esqueletos y dermo-esqueletos de sílice ó de cal de animales y de plantas microscópicas, como por ejemplo, de las diastomas y polytalamias.

El enterramiento de séres orgánicos en los depósitos estratificados se ha verificado en muchos casos de una manera lenta y regular. De los animales que vivian en las aguas, se depositaban los restos despues de su muerte

en el fondo, y repitiéndose esto mismo en las generaciones sucesivas, poco á poco se formaron esas capas ó bancos de calizas que hoy encontramos enteramente constituidos de una cantidad innumerable de moluscos. Podemos citar como ejemplo la caliza de que está construida la ciudad de Maguncia, consistente exclusivamente en conchas del tamaño de una cabeza de alfiler (fig. 94). Hasta podemos afirmar que, en ciertas épocas, el mundo animal ha toma-

Figura 94.

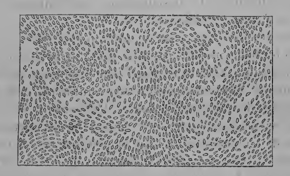
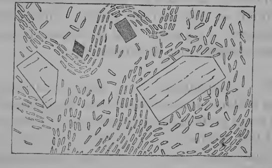


Figura 95.



do una parte muy considerable en la construccion de la costra terrestre. Los *moluscos* que vivian en aguas cargadas de carbonato de cal, extraian esta sustancia mineral

y la devolvian en forma de conchas que formaban con ella, y esta operacion se repetia hasta que la caliza se concluia ó que el agua se evaporaba ó derramaba. Así es como innumerables animálculos microscópicos, los *bacilares*, formaron depósitos consistentes en sílice ó peróxido de hierro, como por ejemplo, la *tierra de infusorios* de las inmediaciones de Berlin (fig. 95). Todavía en nuestros dias se verifican formaciones semejantes, y vemos que estos organismos invisibles tienen la facultad de absorver en las aguas partículas de hierro y sílice, tan mínimas que con dificultad las descubrimos, y de dejarlas en el fondo en forma de escaparazones.

Sin embargo, las cosas no pasaron siempre tan pacíficamente. Encontramos casos en que una catástrofe repentina sorprendió una region abundantemente poblada de animales, que hirió de muerte simultánea. Sea que irrupciones de materias limonosas dislocaran el agua de ciertas cuencas, sea que sobreviniera en las aguas un cambio de temperatura, ó bien que fueran envenenadas por gases ó sales mortales, lo cierto es que, entre otras, vemos capas de esquisto calcáreo llenas de esqueletos ó de impresiones de peces, cuya conservacion minuciosa prueba que estos animales no murieron de muerte ordinaria; porque en este caso, sus cuerpos habrian entrado en putrefaccion, y los restos minerales de sus huesos descompuestos habrian sido dispersados.

126. Al principio fué muy difícil explicar la presencia de millares de restos orgánicos en el seno de las rocas, y esto á profundidades considerables ó á elevaciones de 4,000 metros; pero más tarde, en cambio, estos fósiles adquirieron suma importancia como caractéres distintivos de las rocas mismas. Mediante observacion atenta, se ha logrado establecer sobre este particular los principios siguientes:

1.° Los fósiles sólo se encuentran en las rocas *estratificadas*, esto es, en las que fueron depositadas por las aguas, nunca en las macizas; y el número de sus especies, tanto animales como vegetales, es muy desigual en las diferentes capas. Las más semejantes á las especies actuales pertenecen á los estratos más recientes, mintéras que, en las capas más y más antiguas, los animales y plantas más perfectos desaparecen gradualmente, en tanto que predominan los ménos perfectos y que las especies actuales escasean más y más; en fin, en las capas primitivas no se encuentra ninguna especie que tenga actualmente representantes vivos.

2.° Cuando, por otras razones, se ha adquirido la certeza de que dos rocas situadas en lugares diferentes datan de la misma época, no dejarán de encontrarse en ámbas los mismos fósiles. Inversamente, la presencia de los mismos fósiles en rocas diferentes, nos autoriza á concluir que el orígen de dichas rocas fué simultáneo. Resulta de todo esto que los fósiles son de la mayor importancia para la determinacion de la edad relativa de las capas, y en mucho casos, los medios más fáciles, y hasta los únicos á veces, que tenemos para distinguirlas entre sí. Esta verdad resalta principalmente en las conchas calizas de los moluscos, que, por su naturaleza, se prestan perfectamente á una conservacion indefinida. La presencia de tal ó cual concha es tan determinativa de ciertas rocas y la da á conocer con tal seguridad, que desempeñan para con ellas el papel de marca, y por esto se las llama *conchas características*.

3.° Se observan en los diversos estratos faunas y floras fósiles, más ó ménos diferentes, de lo que debemos concluir que, en las épocas sucesivas de su formacion, la corteza de la tierra ha experimentado cambios en su clima y demas condiciones físicas. Sin em-

bargo, el estudio de los fósiles nos enseña que, en general, las mismas especies animales estaban repartidas en otro tiempo por toda la superficie terrestre de manera más uniforme que lo están hoy dia, lo cual nos dice que en esas épocas remotas no habia, como al presente, diferencias tan enormes en las temperaturas de las regiones polares y ecuatoriales.

127. El número total de vegetales y animales petrificados ó fósiles es sumamente grande, y su estudio constituye el objeto de una ciencia especial, la *Paleontología*. Para dar de ellos descripciones exactas, es necesario conocer bien la Zoología y la Botánica, y en nuestra exposicion de estas dos ciencias mencionaremos tambien las especies fósiles. Miéntras tanto, no será inútil indicar aquí brevemente las formas vegetales y animales que se encuentran en estado fósil, empezando por los organismos más imperfectos. En la descripcion de los terrenos estratificados, que se juzga fueron formados en épocas bien determinadas, trataremos de las especies más importantes de animales y plantas que aparecieron simultáneamente con estos terrenos:

Entre las *plantas fósiles* se distinguen ciertas especies de algas, las *diatomeas*, de las cuales quedan esqueletos microscópicos muy elegantes y de naturaleza silícea; las *equisetaceas* arborescentes, desde las capas más antiguas hasta las medias; las *Lycopodiaceas* y los *helechos*, igualmente arborescentes, abundantes y variadas sobre todo en las capas antiguas, las *liliaceas*, las *palmeras* en estipas, frutos y hojas; las *coníferas* ó árboles de hojas aciculares; las *naïadeas* y los *árboles* de hojas planas; estos últimos no pertenecen más que á las capas más recientes.

Animales fósiles. Los *infusorios*, que se encuentran en muchos terrenos; los *rizópodos ó polytalamios*, existentes en todas las capas, empezando por las más antiguas; los *polypos ó corales*, que abundan principalmente en las más antiguas capas; los *equinodermos*, tales como los encrines, las asterias y ursinos; los *moluscos conchíferos*, los más frecuentes é importantes de todos para el estudio de las rocas sedimentarias, que yá se presentan en las capas más antiguas, pero que abundan sobre todo en las medias, y pertenecen á las clases de los *gasterópodos* (conchas de una sola pieza), de los *acéfalos* (conchas bivalvas) y de los *cefalópodos*: entre estos últimos se distinguen particularmente muchos géneros importantes, extinguidos hoy, como los *ammonitos* y *belemnitos*. Los *annélidos* son muy escasos, y muy comunes los *crustáceos*: los *insectos* se encuentran en esquistos calizos, y sobre todo muy bien conservados en las capas de lignito, y en fragmentos de ámbar amarillo; pero son raros en general. Los *peces* son abundantísimos (más de 800 especies) desde los estratos más antiguos hasta los más recientes. Los *reptiles* ó anfibios están poco representados por los boctracios ú ofidios, pero mucho por grandes *saurios*, enteramente distintos de los actuales. Los *pájaros* jamás se hallan en las capas antiguas, y son muy raros en las recientes. Los *mamíferos* solo aparecen en las últimas formaciones, y muchas de sus especies están extinguidas, las cuales son de tamaño y formas sorprendentes (como el mammuth ó elefante gigante, el dinoterio, etc.): los monos son sumamente raros. Por último, solo en las capas más recientes se encuentran vestigios del hombre, en aquellas que constituyen la transicion al estado actual de la superficie de nuestro globo.

128. La cantidad y variedad extraordinarias de

las plantas y animales fósiles, así como las extrañas formas que presentan muchas veces, no podian ménos de causar profunda impresion en el espíritu de aquellos que estudiaban estos restos de extinguidas creaciones, y las imaginaciones vivas trataron de suplir lo que faltaba á las formas animales de que no se poseia sino las conchas y los esqueletos más ó ménos incompletos. Con impresiones de algunas hojas y fragmentos de troncos de árboles, se crearon bosques ó paisajes de esas épocas primitivas de la tierra, y se los pobló de animales reconstruidos segun el mismo procedimiento. Cuanto más sorprendentes, extravagantes y diformes eran estas efigies imaginarias, más tambien parecian agradar al público, y á este celo mal entendido más que á una observacion seria de la realidad, debióse el que en un principio se creyera que estas creaciones de los primeros tiempos de la tierra no eran sino mónstruos ó abortos, por lo comun de tamaño gigantesco, ensayos producidos al azar por una fuerza generatriz juvenil y desarreglada. Sin embargo, investigaciones atentas acabaron por demostrar que muchos de estos animales fósiles, á los que se atribuia tamaño colosal, habian tenido en realidad dimensiones mucho menores; y, por otra parte, la comparacion imparcial de aquellos animales con los actuales, puso de relieve que los nuestros no ceden en nada, ni por la variedad y singularidad de sus formas, ni sobre todo por el tamaño, á los animales de épocas anteriores, y que hasta bajo este último aspecto les aventajan; porque el *zeuglodon* mismo, cetáceo de los mares primitivos, que se consideraba primero como un gigante cocodrilo, calificándolo con el título pomposo de *hydrarchos*, ó soberano de las aguas, no tenia de longitud más que quince metros, sin alcanzar por tanto la talla de nuestras ballenas y cachalotes, que tienen de veinticinco á treinta metros de largo.

Cuando en los fósiles encontramos nombres que parecen indicar tamaño extraordinario, tales como *ciervo gigante*, *tortuga gigante*, *perezoso gigante*, etc., se refieren ordinariamente á ciertas partes de estos animales, como á la cornamenta del ciervo en cuestion; ó bien, en cuanto al perezoso fósil, que tiene el tamaño de un buey, ha sido llamado gigante por comparacion con el perezoso de nuestros dias, que no pasa del tamaño de un gato.

GEOLOGÌA PROPIAMENTE DICHA

Exposicion de los sistemas geológicos

129. Abraham Werner, nacido en 1750, que explicó durante cuarenta años Mineralogía y Metalurgía en Freyberg, Sajonia, dando á esta escuela una celebridad que conserva todavía, fué el primero que de una roca ó de un mineral, tomado aisladamente, supo elevar su mirada á la observacion de las masas minerales consideradas en grande, en su conjunto y en sus mútuas relaciones. Siendo las rocas de las inmediaciones de Freyberg de orígen sedimentario principalmente, persuadióse de que la corteza terrestre sólo consistia en capas depositadas poco á poco en las aguas y sobrepuestas las unas á las otras, y designó con el nombre de *terreno primitivo* ó *fundamental* los esquistos cristalinos sin fósiles, que servian de base á las rocas estratificadas. Este terreno fundamental constituia, segun él, la *formacion primaria*, á partir de la cual una série de

rocas llamadas *terrenos de transicion*, sirven de paso á los sedimentos de las épocas subsiguientes. Despues de los terrenos de transicion vienen los *secundarios*, que presentan mejor los caractéres del orígen sedimentario, y y son por excelencia *rocas estratificadas*. Siguen en tercer lugar los *terrenos terciarios*, los más recientes de las formaciones ante-históricas, y cuya fauna y flora se aproximan á los organismos actuales. Sucédenles, en fin, los *terrenos cuaternarios*, por los cuales se comprenden todas las formaciones que se han producido en la superficie de la tierra desde la aparicion del hombre hasta nuestros dias.

En sus líneas principales, este sistema sirve todavía hoy de base á la clasificacion y denominaciones usadas en Geología. Pero habiéndose continuado con diligencia la exploracion de la corteza terrestre, se han distinguido muchas subdivisiones en los grupos principales, las cuales corresponden á diferentes evoluciones ó grandes épocas de la formacion de la tierra. Como estas últimas no han producido sus efectos de una manera igual en todos los puntos de la superficie terrestre y se encuentran de un país á otro particularidades locales en la estratificacion de las rocas, ha resultado de aquí, en la designacion de los terrenos y de sus subdivisiones, una complicacion sumamente perjudicial, teniendo cada país, por decirlo así, su lenguaje geológico particular, como se puede ver en el cuadro comparativo de las páginas 182 y 183. Tenemos nombres extraños, que por sí no tienen ningun significado, por ejemplo, el de Keuper; otros son alusiones geográficas ó históricas, como los de formaciones *jurásica*, *permiana*, *devoniana*, *siluriana;* sin embargo, la mayor parte de los terrenos se designan con el nombre de sus rocas principales (*grauwacka*, *hulla*, *cal)*.

130. Cuando comprendemos en un mismo grupo diferentes rocas estratificadas, queremos significar con esto que datan del mismo *período de formacion*. Los caractéres distintivos de algunos períodos no residen tanto en la naturaleza de las rocas, como en la presencia de ciertos fósiles ó en su ausencia completa.

La série de terrenos estratificados, á los cuales se reconocen, como acabamos de decir, caractéres comunes, se denomina *sistema*, *formacion* ó *grupo de terrenos*, y se subdivide en pisos más ó ménos numerosos.

La gran importancia de los animales fósiles para determinar los períodos geológicos, se revela en los nombres por los cuales se designan á veces estos últimos. Así distinguimos un período *azoico*, ó sin fósiles; un período *paleozoico*, ó sea, de animales antiguos, muy diferentes de los actuales, y cuyas especies han desaparecido ó se han extinguido completamente; el período *mesozoico*, ó de animales intermediarios, semejantes yá á los actuales; en fin, el período *cenozoico*, ó de animales modernos, cuyos fósiles pertenecen en parte á especies que todavía viven.

131. En el cuadro siguiente no se han incluido las formaciones eruptivas, en atencion á que es imposible determinar su sucesion. Nos limitaremos á indicar aquí que las masas principales de *granito* aparecen simultáneamente y en relacion íntima con los esquistos cristalinos, y acompañadas de *syenita* y *diorita*. Un levantamiento ulterior de rocas graníticas, así como de *dioritas y pórfidos sin cuarzo*, señala la transicion ó el paso á la grauwacka y la hulla, la cual está atravesada sobre todo de pórfidos cuarcíferos; pero éstos se muestran principalmente en el zechstein con las *meláfyras*. En las formaciones secundarias, el granito, la syenita y el pórfido no aparecen

CUADRO SINÓPTICO DE LOS

DESIGNACIONES EN ALEMANIA

SEGUN WERNER	Sistemas ó Formaciones	Pisos
Terreno primitivo	I. Esquistos.	Gneiss. Micaesquisto. Esquisto arcilloso.
Terrenos de transicion	II. Grauwacka	Grauwacka inferior. y Grauwacka superior.
	III. Hulla	Formacion inferior. Calcáreo carbonífero. Formacion superior. Hulla.
Terrenos secundarios ó estratificados	IV. Dyas	Rothliegendes. Zechstein.
	V. Trias	Arenisca abigarrada. Caliza conchífera. Margas irisadas.
	VI. Jura	Jura inferior negro ó lias. Jura medio ó moreno. Jura superior ó blanco.
	VII. Creta.	Arcilla wealdienna. Quadersandstein. Creta.
Terreno terciario	VIII. Sistema terciario . .	Formacion terciaria inferior Piso nummulítico. Formacion terciaria media Flysch. Formacion terciaria superior Molassa.
Terreno cuaternario	IX. Diluvium.	Formaciones diluviales.
	X. Aluvion	Formaciones aluviales ó recientes.

SISTEMAS GEOLÓGICOS

	DESIGNACIONES CORRESPONDIENTES	
	En Francia	En Inglaterra
Terreno azoico.	Sistema *azoico.*	*Azoic* system.
		Laurentian rocks.
Terrenos primarios ó paleozoicos.	Terreno *cambriano.*	*Cambrian* group.
	Terreno *siluriano.*	*Silurian* group.
		Devonian group.
	Terreno *devoniano.*	*Carboniferous* group.
	Terreno *hullero* ó carbonífero.	
		Permian group.
	Terreno *permiano.*	Magnesian limestone.
Terrenos secundarios ó mesozoicos.	Terreno *triásico.*	*Triassic* group.
	Arenisca abigarrada.	New red sandstone.
	Caliza conchiliana.	New red maris.
	Terreno saliferiano, &c.	Upper and lower. *Lias:*
	Terreno *jurásico.*	Lower and upper.
	Liaciano.	*Oolitic* group.
	Batoniano.	*Wealden.*
	Coraliano, &c.	
	Terreno *cretáceo.*	*Cretaceus* group.
	Neocomiano.	
Terrenos terciarios ó cenozoicos.	Turomiano, &c.	Lower and upper.
	Terreno *eoceno* (parisien).	Greensand.
	Terreno *mioceno* (faluniano).	*Eocen group.*
	Terreno *plioceno* (subapenino).	*Miocen* group.
		Pliocen group.
Terrenos cuaternarios	Terreno *diluviano.*	
		Diluviun
	Terreno *aluvial.*	*Aluvium*

sino de una manera aislada, y nunca se encuentran en las formaciones terciarias, al través de las cuales penetran las *traquitas* y los *basaltos*. En fin, las formaciones diluviales se hallan trastornadas por la fonolita y el basalto, y las aluviales por la *lava* de los volcanes apagados ó en actividad.

I.—Sistema de los esquistos.

Terrenos primitivos ó fundamentales.—Sistema azoico.

132. Se consideran estos terrenos como los más antiguos, que formaron la película primitiva de la tierra, y esta opinion parece muy plausible, primero, porque se hallan esparcidos casi por todas partes; segundo, porque jamás cubren terrenos de otros sistemas, y tercero, porque son *azoicos*, es decir, están desprovistos de fósiles vegetales y animales.

No puede concluirse de esta última razon que en la época de su orígen no habia en la tierra organismos vegetales y animales; ántes bien es probable que yá existian entónces las formas animales inferiores, tales como infusorios, medusas, moluscos, pero cuyos cuerpos membranosos ó gelatinosos no dejaron huella alguna, como tampoco la dejan los animales de este género que viven hoy. Sin embargo, en los esquistos de los Alpes se han encontrado vestigios de belemnitas, y recientemente se cree haber descubierto en el Canadá, en las calizas del sistema en cuestion, las envolturas de un animálculo rizópodo que se ha llamado *eozoon canadense*.

Las tres rocas principales de este grupo son el gneiss, el micaesquito y el esquisto arcilloso. Están

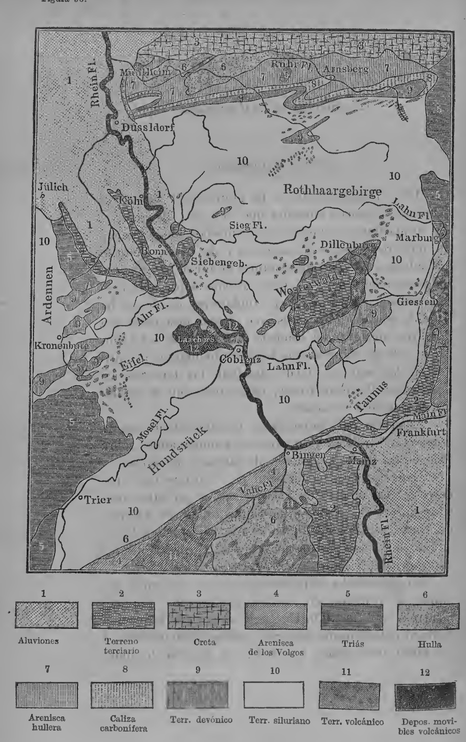
siempre acompañadas de granito y hasta apoyadas en él, y atravesadas con frecuencia de syenita, diorita y pórfido; contienen, además, masas de augita, serpentina, caliza granuda, dolomia, yeso, grafito y de numerosos filones metalíferos.

El *gneiss*, roca intermediaria entre el granito y el micaesquisto, es muy variable y rica en filones metálicos, sobre todo en las inmediaciones de los muros de pórfido. Está muy esparcido en las montañas, por ejemplo, en las de Bohemia, Moravia, Sajonia, etc.; y aparece tambien muchas veces asociado al granito en las montañas de ambas orillas del Rhin y en los Alpes.

El *micaesquisto* es una roca notable por su gran abundancia en la naturaleza. Forma montañas de anchos cortes, elevadas y de aristas salientes, ó bien de picos desgarrados y escarpados valles. Las partes macizas interiores de los Alpes de la Suiza y del Tirol están formadas de esta roca, que tambien se encuentra en más ó ménos abundancia en otras montañas de Alemania, en Sierra Morena, España, y contiene, sobre todo en la proximidad del granito y pórfido, que alguna vez la atraviesan, filones metalíferos que son objeto de explotacion activa.

El *esquisto arcilloso* posée menos filones y no está tan extendido como las otras dos rocas. En América, este sistema tiene una extension extraordinaria en todo el Canadá, y forma las célebres «montañas de hierro» (*iron mountains*). En la provincia de Sevilla, distrito de Cazalla, hay tambien un terreno de esta especie, donde se encuentran abundantes minas de hierro, por ejemplo, cerca del Pedroso, en la sierra del Cañuelo, y el célebre cerro del Hierro que pertenece á San Nicolás del Puerto.

Figura 96. MAPA GEOLÓGICO DE LAS PROVINCIAS RENANAS



II.—Sistema de la Grauwacka.

Terreno de transicion.

133. Denominando á la grauwacka, *terreno de transicion*, damos á entender que con ella llegamos á las formaciones realmente estratificadas. La presencia de numerosos fósiles de moluscos y de peces demuestra, además, que nos encontramos aquí con formaciones indudablemente acuosas. Este sistema se presenta bien desarrollado, sobre todo en Inglaterra, donde se ha dividido en diferentes pisos, que se han designado con nombres tomados del condado de Devon, de los Cambrios y de los Siluros, que eran los habitantes primitivos de las regiones donde dominan los terrenos así designados. En otros paises, estos pisos no se hallan tan claramente separados.

Las rocas más importantes de este sistema son la *grauwacka esquistosa* y la *arenisca*, acompañadas, sobre todo en las partes superiores, de calizas y dolomias.

Estas rocas se encuentran en depósitos muy poderosos diseminados en toda Europa y en otras muchas partes del globo, principalmente en la América del Norte, donde constituyen buena parte del suelo de la ciudad de New-York, así como de la region de las cataratas del Niágara.

La grauwacka esquistoidea de las montañas renanas se presenta en algunos puntos como esquisto pizarroso útil (fig. 96). En Inglaterra, esta formacion contiene notablemente *antracita*, carbon difícil de arder, y por tanto poco usado, que tiene un aspecto decidida-

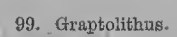
mente mineral. Se encuentran, además, en este sistema numerosos minerales de hierro, en particular del espático, súlfuro de plomo argentífero y mineral de zinc.

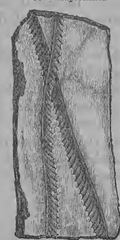
Considerando con atencion los restos de séres organizados que existen en la grauwacka, se reconoce que el piso inferior no contiene ninguna planta terrestre, únicamente vestigios de plantas marinas, de *algas*, y animales marinos de las clases inferiores, sobre todo polípero. El piso superior es igualmente pobre en restos vegetales, pero contiene buena cantidad de animales, principalmente de moluscos cefalópodos y de peces de escamas cuadradas.

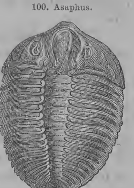
134. Citaremos entre los fósiles más notables: el *cyathophyllum cæspitosum* (fig. 97), y el *graptolithus gemi-*

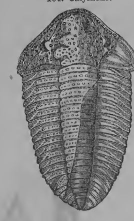

97. Cyathophyllum.

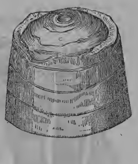
98. Graptolithus.


99. Graptolithus.




100. Asaphus.


101. Calymene.


102. Orthoceras.


103. Spirifèr.

105. Stringocephalus.

104. Calceola.

106. Euomphalus.

107. Terebratula.

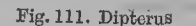
109. Posinodomya.

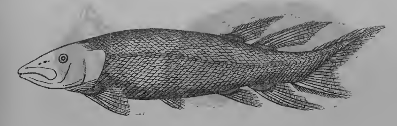
108. Cypridina.

110. Dipterus.



nus (figs. 98 y 99), pólipos de los cuales el segundo caracteriza especialmente la grauwacka inferior: el *asaphus nobilis* (fig. 100) y el *calymene Blumembachii* (fig. 101) del órden de los *trilóbitos*, grupo de animales singulares, parecidos á los cangrejos ó á las cochinillas, muy importantes para distinguir la grauwacka, dado que desaparecen completamente en el siguiente sistema, que es el de la hulla: el *pentamerus Knightii:* el *orthoceras ludens* (fig. 102), fragmentos de la concha compuesta de compartimientos semejantes á tazas sobrepuestas, ha-


Fig. 111. Dipterus



bitando en el superior un molusco cefalópodo: el *lituites cornu arietis*, la *murchisonia bilineata*, el *espirifer especiosus* (fig. 103), la *calceola sandalin* (fig. 104), el *stringocephalus Burtini* (fig. 105), *el euomphalus rugosus* (figura 106), la *terebratula ferita* (fig. 107), la *cypridina striata* (fig. 108), la *posidonomya Becheri* (fig. 109), en los esquistos de posidonomyas de la capa superior de la grauwacka, quizás pertenecientes yá al sistema hullero; el *pterichthys cornutus* (de Escocia, pequeño pez singular, con un escaparazon por el que yá ha sido considerado como un coleóptero, ya como un quelonio), el *cephalaspis Lyellii* (fig. 110), el *dipterus* (fig. 111).

III.—Sistema Hullero ó Carbonífero.

135. Llegamos aquí á terrenos de los más importantes, porque contienen como uno de sus miembros esenciales la hulla, materia indispensable para la industria y la economía doméstica en nuestros tiempos. Donde quiera que existe el carbon de piedra, se han levantado numerosas fábricas, la poblacion se ha multiplicado y los beneficios del fuego se han propagado á lo léjos. Este tesoro, acumulado en los primeros períodos de la formacion de la tierra, tiene tanto más valor cuanto que el combustible de nuestros buques ha llegado á ser insuficiente para las necesidades que aumentan de dia en dia.

Este sistema está limitado inferiormente por la grauwacka, y en su parte superior por el zechstein, por cuya razon se encuentra de ordinario en la vecindad de estos terrenos ó en conexion con ellos.

Las principales rocas de los depósitos hulleros son la caliza, la arenisca, el esquisto arcilloso y la hulla. Como piso inferior, se encuentra, principalmente en Inglaterra, la *caliza carbonífera*, que por sus fósiles, especialmente por sus numerosos corales, patentiza su orígen marino. En otras partes, donde la caliza falta, está reemplazada por una roca esquistosa de naturaleza silícea, arcillosa ó calcárea. Depósitos de *arenisca*, más ó ménos poderosos y sin contener hulla, constituyen el tránsito á la *formacion hullera* por excelencia, á la que es explotada por su carbon. Consiste éste en lechos ó capas de hulla, cuyo espesor varía de ordinario entre algunos centímetros y cinco metros, pasando rara vez de diez, y los cuales alternan diversamente con

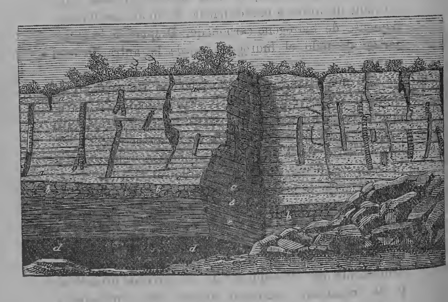
una *arenisca* particular de color gris, ó con un esquisto arcilloso más oscuro, de tal manera que algunas veces se observan capas de hulla amontonadas así en número de treinta, cuarenta, hasta ciento veinte y más; pero solamente algunas de estas capas, las más poderosas naturalmente, son objeto de explotacion regular.

136. En cuanto al *origen de la hulla*, resulta por los restos de plantas que contiene, que en la época de su formacion existia una flora extraordinariamente robusta y abundante; sin embargo, como se componia principalmente de helechos ó de equisetáceas y de licopodias arborescentes, tales como los singulares *lepidodendros* y *sigilarias*, debia tener un aspecto muy distinto de la de nuestros bosques actuales. Á la sombra de estos árboles, sobre un suelo esponjoso y fangoso, se formaba un grueso tapiz de plantas de pantano, que contribuyeron á la produccion de las capas de carbon, de la misma manera que en nuestros dias vemos los musgos formar depósitos de turba. Inundaciones y hundimientos del suelo, repetidos y alternantes, dieron por resultado intercalar entre los estratos de carbon las capas de arcilla. Las nueve décimas partes de los restos vegetales encontrados en el sistema hullero, pertenecen á la familia de los helechos, y atestiguan que reinaba entónces un clima caliente, húmedo y bastante constante, y que las circunstancias naturales eran, en general, parecidas á lo que actualmente se observa en las inmediaciones del golfo mejicano y en las orillas de los grandes rios de la América del Sur. Como estos rios arrastran grandes masas de madera arrancada de las selvas, se admite que acumulaciones de vegetales asi trasportados y depositados en los terrenos, contribuyeron tambien á la formacion

de la hulla. Sin embargo, esta opinion pierde muchas de sus probabilidades, si se observa que en las minas de hulla de San Estéban (fig. 112) hay troncos de árboles que se encuentran incontestablemente áun en el mismo lugar y en idéntica posicion que ocupaban cuando vivian.

Cálculos aproximados enseñan que un bosque de alto y espeso arbolado apénas daria, trasformándose en hulla, una capa de un centímetro de espesor y de una

Figura 112.



extension igual á su área propia. Segun esto, la cantidad de materia vegetal depositada en el terreno carbonífero, seria verdaderamente enorme. Esto, y el observarse que frecuentemente alternan capas delgadas de hulla y de arcilla endurecida, compacta ó esquistosa, así como ciertas propiedades químicas del carbon

de piedra, han inducido á creer que habia sido producida por *algas marinas*. Pero esta opinion queda refutada fácilmente por el exámen microscópico de la hulla, el cual muestra que evidentemente proviene de los vegetales mencionados arriba; y hasta se encuentra, en las capas superiores del terreno carbonífero del Illinois, en la América del Norte, una especie de hulla cuya textura leñosa aparece tan evidente como la del carbon de madera.

La trasformacion de la madera en carbon comienza separándose el ácido carbónico del agua, de lo que resulta el lignito; y esta materia leñosa pasa al estado de hulla, á consecuencia de un desarrollo subsiguiente de hidrógeno carbonado. Despues de la eliminacion de todo el hidrógeno, queda la antracita ó el grafito.

No nos figuremos que el carbon se encuentra únicamente en los depósitos del terreno hullero ó *carbonífero*. La reduccion de la materia leñosa á carbon más ó ménos puro, se ha verificado en todas las épocas de la formacion de la tierra, y se continúa á nuestra vista en las turberas actuales en actividad. En los terrenos terciarios se presenta el carbono en el estado de lignito; en los terrenos secundarios no se encuentra sino aisladamente y con diferentes nombres; en grandes masas únicamente existe en la formacion que de él se ha llamado *carbonífera*. En fin, hemos notado precedentemente que los esquistos de los terrenos primitivos y de transicion contienen alguna vez antracita y grafito, lo cual prueba que en la época en que se formaron, el reino vegetal habia empezado yá en la tierra.

137. Los yacimientos hulleros de Europa se dividen en dos clases, segun que son de orígen marino ó

de agua dulce. Los primeros se formaron en las partes bajas del litoral de los mares del período carbonífero; están siempre acompañados de calizas hulleras, y ocupan gran extension, cuya direccion indica la ribera de aquellos mares. Tales son los depósitos hulleros de Inglaterra, de Bélgica y de Ruhr en Alemania. Los segundos tuvieron su orígen en los lagos ó pantanos del interior de los continentes, y tienen la forma de cuencas, sin caliza hullera, y descansando á veces inmediatamente sobre el granito ó la grauwacka. Tales son, en Alemania, las cuencas carboníferas del Palatinado, del Erzgebirge, de Bohemia, y en Francia las de Saint-Etienne y de Rive-de-Gier.

Lo que precede nos coloca en aptitud de apreciar las probabilidades que haya de descubrir hulla en tal ó cual continente. Si el suelo está formado de terreno primitivo ó de rocas eruptivas, se podrá predecir la ausencia de la hulla con bastante certeza. Si, por otra parte, los terrenos estratificados tienen gran potencia, es muy probable que la hulla no se encuentre sino á profundidades tales que sea imposible explotarla fructuosamente. Será más probable encontrar la hulla en buena situacion en los lugares donde las rocas sedimentarias están apoyadas sobre las macizas y han sido levantadas por éstas, de modo que las capas inferiores estén más próximas á la superficie de la tierra ó enteramente al descubierto.

La investigacion de la hulla debe emprenderse sobre todo en las regiones donde hay *dyas* y *grauwacka*, porque entre estas dos formaciones está colocado el terreno carbonífero. Si, además, las rocas macizas de las inmediaciones están dispuestas en cuenca, la esperanza es tanto más fundada, debiendo aplicarse á reconocerlo por medio de sondadas.

138. Los principales distritos hulleros de Alemania están en las inmediaciones de *Aix-la-Chapelle*, donde termina un pedazo de la potente formacion hullera de Bélgica: en las orillas del *Ruhr*, cuyos ricos depósitos alimentan la actividad industrial de Dusseldorf, Elberfeld, Barmen y Essen; en el Harz, en Sajonia, Silesia, Moravia y Bohemia, que es, despues de Bélgica, el país del continente más rico en hulla; en fin, en la vertiente meridional de Hunsdsrück, desde Krenznach hasta más allá de Saarbrück.

Hay depósitos extraordinariamente ricos en Inglaterra, sobre todo en la region de New-Kastle; luégo en Bélgica y en Francia, en Valenciennes, Autun, Creusot, Blanzy, Roanne, Saint-Etienne y Rive-de-Gier, etc.; despues en España, en Asturias, Cataluña, Andalucía, etc., y en fin, en Polonia y Hungría. Todos los pisos del sistema hullero han sido observados en América, Asia y hasta en Australia. La América del Norte posée en los montes *Apalaches*, en los estados del *Illinois*, *Missouri* y *Michigan*, así como en el *Nuevo-Brunswick*, depósitos de riqueza inagotable, y cuya enorme extension mide próximamente 160,000 millas cuadradas. El baron de Humboldt encontró en la América meridional la hulla á una altura de 2,500 metros.

En los Alpes existe un terreno carbonífero particular, que recorre toda la cadena desde Saboya hasta la Stiria. Se compone de pudingas, esquistos arcillosos negros, esquistos cristalinos y areniscas, que ora están enteramente penetrados de *antracita*, ora la contienen en capas y pequeños montones separados. Aunque las impresiones de plantas que se encuentran en este carbon sean idénticas á las de la verdadera hulla, las demás circunstancias difieren esencialmente, y dan á suponer que el carbon de los Alpes debe su orígen á condiciones particulares.

139. Entre los fósiles notables de este sistema citaremos: troncos de equisetáceas, calamites *cannæformis*; de helechos, *sigillaria* (fig. 113) (de Inglaterra); de licopodiáceas, *lepidodendron elegans* (fig. 114) (de Bohemia); los singulares troncos con rodetes de *stigmaria ficoïdes*, de dos metros de espesor, con gruesas ramas laterales, muy comunes en los esquistos hulleros, y considerados primero como troncos de sigillarias; impresiones de hojas de helechos, *odontopteris Schlotheimii*; *pecoptoris truncata* (fig. 115), con frutos reconocibles.



113. Sigillaria.

114. Lepidodendron.

La fauna se parece aun mucho á la del sistema precedente. Los pisos inferiores son los más ricos en animales fósiles, sobre todo en especies marinas, como políperos, equinodermos, encrinitos y moluscos. Las conchas características de la caliza hullera son las de algunos braquiópodos (*Spirifer glaber et striatus*).

Notaremos, para terminar, que el terreno hullero tiene de particular el contener siempre hidrógeno carbonado, que se produjo, al formarse el carbon, por la descomposicion de la materia vegetal y que, mezclándose con el aire, constituye ese gas explosible tan peligroso que

115. Pecoptoris.



se llama *grisou*. Todas las hullas contienen, además, pirita de hierro en mayor ó menor cantidad, y á veces en un estado de division tal que, al contacto con el aire, se

opera por su rápida oxidacion una combustion expontánea del carbon, de donde pueden resultar en los depósitos carboníferos, incendios que duran muchos años.

IV.—Sistema del Dyas.

Terreno permiano.

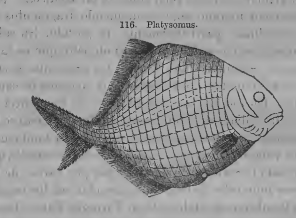
140. De todos los terrenos que entran en la composicion de la corteza terrestre, el ménos extendido es el que sirve de epígrafe á este párrafo. Como lo indica su nombre, el *dyas* se divide en dos terrenos principales, que apenas se encuentran en Francia, pero que se presentan muy desarrollados y bien caracterizados sobre todo en Turingia y en Alemania, donde se conocen con los nombres de *rothliegende* y *zechstein*.

El primero, ó *fondo rojo*, consiste en arenisca ó pudinga de color moreno rojo, conteniendo fragmentos de rocas cristalinas, particularmente de pórfido. Su color rojo característico se debe al hierro oligisto, que es muy abundante, y domina sobre todo en los ocres rojos ó sánguinas, que se hallan intercalados en él en forma de capas delgadas. El *rothliegende* constituye con frecuencia la cubierta inmediata de la formacion hullera, y hasta se ha considerado como perteneciente á ella. Lleva tambien el nombre vulgar de *rothe todtliegende (fondo rojo estéril)*, que le han dado los mineros alemanes, porque carece de los preciosos minerales de cobre que abundan en los esquistos que lo cubren especialmente en Turingia. Estos, llamados *esquistos cobrizos*, consisten en una marga negra muy bituminosa, muy impregnada por lo comun de aceite de petróleo. Aunque de espesor poco considerable, que con

dificultad pasa de cinco metros, este terreno tiene gran importancia á causa de los muchos minerales de cobre que contiene, los cuales dan de 2 á 4, y algunas veces, hasta el 18 por 100 de cobre metálico.

El *zechstein* es el piso superior de este sistema, que tambien se significa muchas veces con este nombre. Es una caliza arcillosa gris, que en su parte superior pasa al estado de dolomia: contiene con bastante frecuencia depósitos de yeso, acompañados ordinariamente de sal gemma, como igualmente se encuentran juntos en el *Keuper*. Todas las salinas de la Alemania del Norte, de las que la más rica es la de Stassfurth, pertenecen á la formacion del dyas. En las inmediaciones de Eisleben y de Eisenach se encuentran, en el yeso, cavernas que provienen probablemente de antiguos yacimientos de sal, que ha sido disuelta y arrastrada por las aguas. Este sistema fórma en la Alemania del Norte estrechas bandas alrededor de las montañas de Harz, de la Turingia y de la Sajonia central. En Inglaterra, los miembros del dyas

116. Platysomus.



se encuentran tambien, exceptuando el esquisto cobrizo, y se les designa con el nombre de *magnesianlime stone*. En Rusia, la ciudad de Perm está situada en medio de

una cuenca inmensa perteneciente á este sistema, de donde previene su denominacion de *permiano*.

Este sistema es relativamente pobre en fósiles. Se considera la arenisca roja como una formacion de agua dulce, porque contiene casi únicamente plantas terrestres, muy parecidas á las del terreno hullero. El zechs-



117. Palæoniscus.

118. Archegosaurus.

tein contiene restos de animales marinos, y por consecuencia es una formacion marina; posée como concha característica el *productus horridus*. En cuanto á

peces, el esquisto cobrizo ha dado frecuentemente el *platysomus gibbosus* (fig. 116) y el *palæoniscus Freieslebeni* (fig. 117). Por último, en el dyas es donde se halla por primera vez un representante de la clase de los anfibios, el *archegosaurus Decheni* (fig. 118), salamandra de la arcilla ferruginosa de Saarbruck.

V.—Sistema del Trias.

141. Componen este sistema tres miembros bien caracterizados, la *arenisca abigarrada, la caliza conchiliana* y las *margas irisadas*, y de este número proviene su nombre. En Alemania principalmente es donde se encuentran reunidos con mucha regularidad y constancia. Esto se nota sobre todo á la vista de una carta geológica, en que los terrenos estén marcados por diferentes colores. Se ve entónces, por los dos lados del Rhin, desde Suiza hasta la Alemania media, extenderse tres especies de listones coloreados, en líneas más ó ménos sinuosas, pero paralelas entre sí y al Rhin, miéntras que en la Alemania del Norte, en Turingia y á lo largo del Weser, esta regularidad está interrumpida ó turbada. Se hallan, además, formaciones triásicas en las dos vertientes de los Alpes alemanes, costeando, por decirlo así, sin interrupcion los esquistos cristalinos que forman el núcleo de estas montañas. El terreno triásico existe tambien en la provincia de Sevilla, España, hácia Moron, y continúa por la de Córdoba, Málaga, etc., en Andalucía.

La *arenisca abigarrada* constituye la base del trias: su color predominante es el rojo, pero alterna muchas veces con bandas ó manchas amarillas, morenas ó blancas, lo que justifica el nombre dado á esta formacion,

cuya potencia es considerable, de ciento á doscientos metros, y aun á veces de cuatrocientos á quinientos. Suministra una piedra de construccion excelente, que ha servido para edificar un gran número de cúpulas góticas de las orillas del Rhin, como las de Maguncia, Worms y Spira. Las rocas de otra naturaleza son raras ó poco importantes en el terreno de la arenisca abigarrada; no debemos omitir, sin embargo, que se encuentra algunas veces la sal gemma. Sumamente pobre en fósiles, sólo tenemos que citar algunos restos de plantas, tales como la *neuropteris elegans* y la *voltzia heterophylla* (fig. 119). En la arenisca abigarrada, cerca de Hildburghausen, se



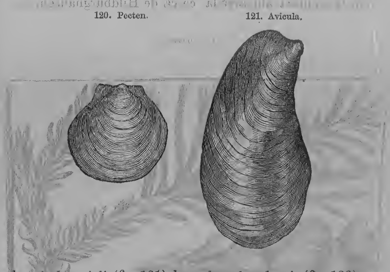
119. Voltzia.



han encontrado impresiones de piés ó de pasos, que provienen sin duda de una gran especie de bactracio.

La *caliza conchiliana* (*muschelkalk* de los alemanes), como indica su nombre, es rica en animales fósiles, que

se hallan en número inmenso y muestran que esta formacion es de orígen marino. En sus capas inferiores contiene arcilla, marga dolomítica, dolomia esquistosa, calcáreo esquistoso ondulado, y como minerales muy útiles, la sal gemma, la arcilla salífera y el yeso anhidro (anhidrita). A estas capas sucede la caliza de esta formacion, que es la más rica en conchas, y á la que la frecuente presencia de pedazos de articulaciones del tallo de una estrella de mar, *encrinus liliiformis*, ha hecho que se le diera el nombre particular de *caliza encrinítica*. Los otros fósiles son: el *pecten lævigatus* (fig. 120),

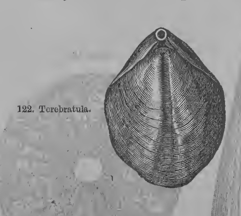


120. Pecten. 121. Avicula.

la *avicula socialis* (fig. 121), la *terebratula vulgaris* (fig. 122), la *ceratites nodosus* y la *myophoria lineata*. Se encuentran tambien dientes, escamas y otros restos de peces ó de reptiles.

Las *margas irisadas* (Keuper de los alemanes) que señalan el término superior del trias, empiezan por una arcilla esquistosa, negruzca, muy bituminosa (lettenkohle), á la cual suceden margas coloreadas, las más veces rojas

y atravesadas de estrias verdes, amarillas y azules: se separan con frecuencia en fragmentos romboédricos. En todo este terreno se encuentra yeso, pero poca sal gemma, y de trecho en trecho tiene intercaladas capas delgadas de dolomia y de arenisca. Las petrificaciones más comu-



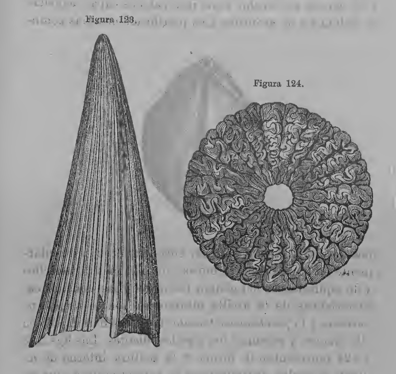
122. Terebratula.

nes del Keuper son plantas, encontrándose, particularmente en las capas de arenisca, impresiones de helechos y de equisetáceas del género *Calamites*. Las conchas características de la arcilla bituminosa son la *lingula tenuissima* y la *posidonomya minuta;* los peces han dejado en ella dientes y escamas; los reptiles, dientes. Las figs. 123 y 124 representan la forma y la textura interna de un diente singular, perteneciente al *mastodonsaurus*, que seria probablemente una gran salamandra del grupo de los *labyrinthodontes*.

VI.—Sistema del Jura.

142. La cadena de montañas del Jura, cuyas cúspides más elevadas tienen de 1,500 á 1,700 metros de altura,

ha dado su nombre á una formacion muy extendida en Europa, y que se muestra muy independientemente de las otras, tanto por la naturaleza particular de sus fósiles


Figura 123.
Figura 124.

como por la regularidad de su estratificacion. Por esta circunstancia constituye un límite muy marcado entre los terrenos más antiguos, que hemos explicado hasta aquí, y los más recientes de la creta y formacion terciaria. Las calizas dominan en el Jura, pero tambien se hallan con frecuencia arcillas y margas, alternando á veces con esquistos y areniscas. Una particularidad propia de muchas de estas calizas es su extructura *oolíthica* (párrafo 94), que se observa en casi todas las rocas jurásicas de Inglaterra, por lo que el sistema entero ha recibido allí el nombre de

formacion oolíthica. Además de este carácter, nos sorprende este terreno por la enorme cantidad de sus fósiles, entre los cuales hallamos muchas formas animales raras y enteramente nuevas (1). Los fósiles del Jura han tenido en general una accion favorable en el desenvolvimiento de la ciencia geológica, por cuanto en todas partes, principalmente en Inglaterra, se ha puesto mucho celo en coleccionarlos, y por tanto, en estudiarlos mas ó ménos. Aunque la comparacion de los diversos terrenos jurásicos de Inglaterra, Alemania, Suiza, Francia y España, muestra en general que son los mismos en todas partes, no dejan, sin embargo, de presentar diferencias locales, muy variadas é importantes, que es necesario distinguir en los lugares donde se las observe, pero en cuyos detalles no podemos detenernos.

La formacion jurásica se subdivide en tres pisos, que son: el Jura inferior, el medio y el superior.

El *Jura inferior* ó *negro*, llamado ordinariamente *lias* por los ingleses, consiste principalmente en margas y arcillas oscuras, conteniendo además calizas gris-azules (calizas de *grifeas*), légamos negros y esquistos bituminosos, que pueden servir en parte de combustible. El *Jura medio* ó *moreno* (*dogger*, de los ingleses) está compuesto de calizas, arcillas y margas, y contiene, además, una arenisca oolíthica particular, moreno-amarilla y muy ferruginosa. El *Jura superior* ó *blanco* (*malm*, de los ingleses) está formado principalmente de calizas de color claro, de las cuales muchas toman el color blanco cuando quedan expuestas por mucho tiempo al aire. Contienen multitud de fósiles y especialmente, en la parte superior, innumerables coralídeos y espongiarios. Las planchas calizas de pasta muy fina del Jura de Franconia (Baviera),

(1) Un ejemplo del terreno oolíthico ó jurásico tenemos en la provincia de Sevilla en el distrito de Moron: el Cerro de Esparteros y las Algámitas pueden servir de modelo para estudiar bien esta formacion. (*N. del T.*)

son muy conocidas como piedras litográficas, y se exportan de Solenhofen á todas partes. Estas calizas contienen impresiones de cangrejos, de insectos y de restos del lagarto volador ó *pterodactylo*. Por consecuencia de las hendiduras y denudaciones, las montañas de este grupo presentan á veces rocas muy pintorescas y grutas notables, como las de Muggendorf y de Gailenreuth, de que hablaremos más adelante. La sierra de Moron, en la provincia de Sevilla, es un ejemplo notable del Jura superior.

143. La formacion jurásica sólo tiene mediana importancia en el norte de Alemania, pero en el sur, donde se encuentra en íntima conexion con el Keuper del trias, se extiende desde Suiza, por Suavia y Franconia, hasta Baireuth; por otro lado, constituye toda la cadena del Jura suizo y francés, desde Basilea hasta Lyon. En Francia, esta formacion rodea al norte toda la cuenca terciaria de París, y hácia el sur, constituye una cintura casi contínua alrededor de la meseta granítica y basáltica de la Auvernia. En Inglaterra, el terreno jurásico se extiende en ancha banda sobre casi toda la longitud de la Isla. No abunda ménos en España. Empieza en la provincia de Sevilla, sigue por las de Córdoba, Málaga y toda Andalucía, continúa despues por la costa del Mediterráneo, provincias de Castellon de la Plana y Tarragona, penetra en el interior por las de Teruel, Guadalajara y Soria, dirigiéndose de aquí al norte, donde forma una inmensa faja en la costa Cantábrica, desde Astúrias hasta el mar y los Pirineos que lo separan de Francia.

144. Los fósiles del Jura tienen singular importancia, por cuanto nos dan las más veces el único medio de reconocer y distinguir rocas que son comunes y muy semejantes en sus diversos pisos. Aquí es principalmente

donde se ha recurrido á esas conchas denominadas *características*.

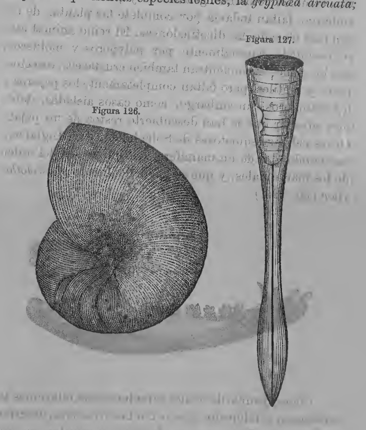
En el mundo vegetal del sistema jurásico notamos un gran progreso, porque al lado de los helechos se hallan tambien coniferas, gramíneas y juncos ó cañas. Sin embargo, faltan todavía por completo las plantas de órden más elevado, las dicotiledóneas. El reino animal está representado especialmente por polyperos y moluscos, con los cuales se encuentran tambien crustáceos, insectos, peces y reptiles, pero faltan completamente los pájaros y los mamíferos; sin embargo, como casos aislados, debemos advertir que se han descubierto restos de un pájaro en las calizas esquistosas de Solenhofen, y en Inglaterra las mandíbulas de un mamífero, que quizás sea del órden de los marsupiales, y que se ha denominado *phascolotherium* (fig. 125.)

Figura 125.



Como ejemplo de fósiles característicos, citaremos las *ammonitas*, cefalópodos que, como las *orthoceras*, descritas en el párrafo 134, estaban alojadas en conchas de muchos compartimientos, y de que se conocen más de mil especies: *ammonites Bucklandi* y *A. bifrons*; el *nautilus lineatus* (fig. 126), análogo á nuestros nautilos actuales; las *belemnitas* que por su forma se denominan vulgarmente *dardos de fuego* ó *dedos del diablo*, *belemnites has-*

tatus (fig. 127), y que eran una especie de concha interna de moluscos semejantes á las *sepias;* la *terebrátula numismalis* (figs. 128 y 129), en conchas redondas y planas, parecidas á piezas de moneda, del género *terebrátula*, de que hay hasta quinientas especies fósiles; la *gryphæa arcuata;*


Figura 127.
Figura 126.

la *ostrea Marshii;* la *trigonia costata* (fig. 130); la *diceras arietina:* el *pecten lens.* (fig. 131); la *nerinea suprajurensis* (fig. 132), conchas alargadas que se hallan en número inmenso en la *caliza de nerineas;* el *apiocrinus*, estrella de mar de la familia de los encrines: los tentáculos cerrados

de estos animales, que viven fijos en el fondo del mar, forman lo que se llama el *cáliz*, por el cual se termina la columna ó tallo, y éste se compone de muchas articulaciones, cuyas junturas presentan de ordinario elegantes diseños; la *hemicidaris crenularis*, ó erizo con púas de

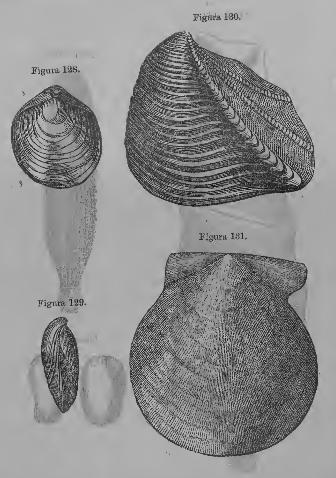


Figura 128.

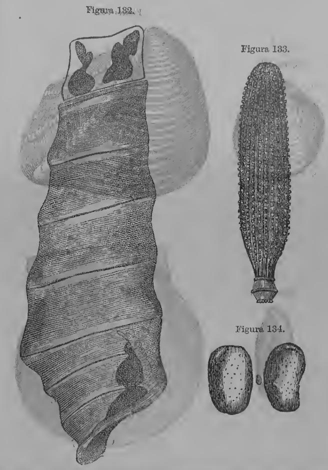
Figura 129.

Figura 130.

Figura 131.

forma singular, que tambien se halla aisladamente (figura 133); en fin, los *espongiarios*. De la clase de los crus-

táceos se encuentran en Inglaterra, en capas jurásicas de agua dulce, innumerables individuos de muchas especies del genero *cypris* (por ejemplo, el C. *valdensis*, fig. 134), cuyos representantes abundan hoy aún en todos los mares y corrientes de agua; en el Jura superior se han


Figura 132.
Figura 133.
Figura 134.

encontrado pinzas de cangrejo, y en las capas de Solenhofen un cangrejo bien conservado, *eryon arctiformis*,

asi como una libélula, *aeschna*. Respecto á los reptiles, se encuentra, además de los numerosos restos de *quelonianos*, la notable familia de los *saurios*, lagartos gigantescos que habitában en el mar, como el *ichtyosaurus*, ó lagarto pez, largo cocodrilo de doce metros, cuyos miem-

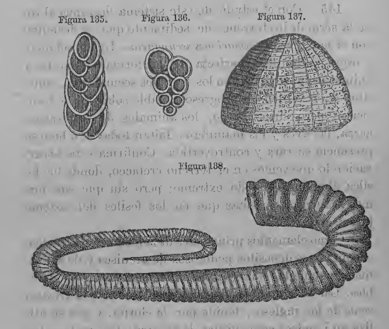


Figura 135. Figura 136. Figura 137.

Figura 138.

bros son nadaderas; el *plesiosaurus*, de nueve metros de longitud, con cuello de serpiente y nadaderas; el *pterodactylus*, ó lagarto volador, que al principio se creyó que era un pájaro. Tambien se encuentran con frecuencia excrementos petrificados de los dos primeros, con el nombre de *coprolithos*.

VII.—Sistema de la Creta.

145. Con el estudio de este sistema llegamos al fin de la série de los terrenos de sedimento que se designan con el nombre de *formaciones secundarias.* La abundancia y organizacion más perfecta de las formas vegetales y animales que se hallan en los terrenos secundarios, constituyen en verdad un progreso notable sobre los de transicion; pero sin embargo, los animales de respiracion aérea, las aves y los mamíferos, faltan todavía, ó bien su presencia es rara y controvertida. Confirma esta observacion lo que vemos en el terreno cretáceo, donde los fósiles abundan por todo extremo; pero sin que sus formas sean más perfectas que en los fósiles del sistema jurásico.

Como elementos principales de la formacion cretácea, encontramos depósitos poderosos de arenisca y de caliza, miéntras que las margas y arcillas son poco considerables. Las más notables de estas areniscas son: la *arenisca verde* de los ingleses, teñida por la clorita, y que se utiliza en Lóndres como piedra de construccion, y el *quadersandstein* de los alemanes, arenisca gris, dividiéndose naturalmente en fragmentos cuadrados, y que se desagrega fácilmente á causa de la naturaleza margosa de su cemento.

La caliza se presenta en este sistema, ya en masas duras y petrosas, como el *plænerkalk* de los alemanes, que es esquistoidea y se divide en placas ó losas, y la *caliza con hippurites* del sur de Europa; ya en la forma característica y bien conocida de *creta,* que ha dado su nombre al sistema entero. Esta materia, tan usada para escribir

en las pizarras de nuestras escuelas, se compone casi únicamente de conchas microscópicas, que pertenecieron á animálculos semejantes á los *foraminíferos* de nuestros mares actuales. Otra particularidad de la creta consiste en contener casi siempre riñones ó nodulos de *silex*, ó piedra de chispa. El exámen microscópico revela que tambien esta sílice, tan dura, está formada en gran parte de envolturas de infusorios.

Los terrenos cretáceos fueron depositados en mares muy vastos, y por consecuencia están muy extendidos en Europa y en las demás partes del mundo. En Alemania, este sistema está medianamente representado; lo está más en Bohemia, de donde se extiende por la cuenca del Elba hasta Dresde. En Francia, al contrario, estos depósitos tienen vastísima extension; suceden al terreno jurásico, y envuelven como una zona interior la cuenca terciaria de Paris. Tambien existen en Inglaterra en grande escala, y yá de léjos percibe el viajero que se dirije á la isla por el Canal de la Mancha, un blanco promontorio de cal, cerca de Douvres, que se llama la Roca de Shakspeare.

Fósiles del terreno cretáceo. Entre los raros restos de plantas que en él se encuentran, se distinguen las algas, los helechos y las coníferas. Los fragmentos de animales más notables aquí son las conchas con muchas divisiones de los *rhizópodos* ó foraminíferos, que los hay de muchas especies y en cantidad enorme. Como ejemplos, damos imágenes muy aumentadas del géneros *textularia* (figs. 135 y 136). Los erizos ó ursinos son numerosos, y uno de ellos, el *ananchytes ovatus*, está representado en la fig. 137. Por lo que toca á conchas de moluscos, la creta posee ciertas formas particulares, los *rudistas* ó *hippurites*, que á veces componen ellos solos bancos enteros ó capas (caliza con hippurites); y de los cuales citamos la *hippurites Toucasiana* y la *caprina Aquiloni*: tambien notamos la *hamites attenuatus* (fig. 138), la *turrilites catenatus*, el

inoceramus sulcatus, la *belemnites mucronatus*, el *spondylus spinosus*, y la *ostrea columba*. Los restos de crustáceos y de peces son insignificantes; pero no debemos pasar por alto lo que se llama el gran animal de Maëstricht ó *mosasauros*, enorme saurio, que no bajaba de siete metros de longitud, y se parecia al monitor del Nilo.

VIII.—Sistema Terciario.

146. Entramos aquí en un teatro geológico, cuyos caractéres son esencialmente diferentes de lo que hemos observado hasta el presente. No es que hayamos de tratar de nuevas especies de rocas, porque, como anteriormente, las capas se componen siempre de caliza, arenisca, marga y arcilla más ó ménos esquistosa, á las cuales se asocian, de vez en cuando, yeso, sal gemma, hierro pisolítico, lignito, etc.; la diferencia en cuestion consiste en la aparicion de fósiles vegetales y animales de un grado superior de desarrollo, y que se aproximan mucho á las especies del mundo actual. Además, entre los animales acuáticos, los hay que habitaban en las aguas dulces. Existian, pues, en esta época tierras con lagos y rios, y como en muchos lugares alternan capas con animales marinos y animales de agua dulce, se sigue tambien que hubo entónces oscilaciones del suelo, ó sea levantamientos y depresiones repetidas. Alguna vez se encuentran juntas estas dos categorías de animales acuáticos, lo cual se observa todavía hoy en las *aguas salitrosas*, ó sea en los sitios, como por ejemplo, las lagunas de Venecia, donde sobre riberas bajas, el agua salada del mar se mezcla con la dulce del continente.

Resulta de todo esto que debemos prepararnos á

encontrar, en las formaciones del período terciario, particularidades locales más importantes que en los sistemas precedentes. Y así sucede en efecto. Se ha creido, durante mucho tiempo por cierto, que se podian repartir las formaciones terciarias en tres períodos perfectamente distintos, fundándose en la mayor ó menor proporcion de especies fósiles análogas ó idénticas á las actuales, depositadas en sus capas. Así, el piso inferior, que contiene próximamente el cuatro por ciento de estos fósiles, se ha considerado en cierto modo como la *aurora* de la creacion actual, y en consecuencia se le ha denominado *formacion eocena*, del griego ἔως, que significa aurora. Despues de ésta viene la formacion media, ó *miocena*, que tiene de diez y siete á treinta y cinco por ciento de fósiles en cuestion; y en fin, el piso superior ó más reciente, denominado *plioceno*, que posée más del treinta y cinco por ciento de estos fósiles. Pero investigaciones ulteriores han probado que esta division no puede aplicarse sino á localidades aisladas. Se ha reconocido que es muy difícil distinguir rigorosamente las formaciones más antiguas ó inferiores de las más recientes, y es más racional atribuir á todas un orígen simultáneo. En dos mares terciarios que existieran á un mismo tiempo, pero sin ninguna conexion entre sí, pudieron muy bien depositarse fósiles enteramente diferentes, de la misma manera que hoy, por ejemplo, el mar Báltico y el océano Pacífico no poseen en comun una sola concha. Por tanto, en mares aislados ó golfos apartados es principalmente donde debieron acumularse los depósitos de este sistema que tienen forma de *cuenca*, cuyas capas están deprimidas en el centro y levantadas en los bordes.

147. El piso que se considera como más antiguo del sistema terciario, se llama terreno *nummulítico*. Se extiende á lo largo de los Alpes y de los Cárpatos hasta

el Apenino y los Pirinéos, y desde Marruecos hasta el Egipto, así como, más léjos, por el contorno del Mediterráneo. Como fósil característico para guiarse en la investigacion del desarrollo de este terreno, tenemos la curiosísima concha de un rizópodo, el *nummulites nummularis*, plano y redondo como una moneda, que se vé dividido por la mitad en la (fig. 139). La caliza y arenisca que de su nombre se llaman nummulíticas, forman montañas muy elevadas. No dejará de interesar el dato de

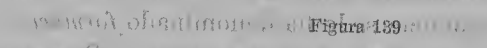
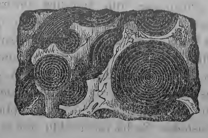


Figura 139



que las famosas Pirámides de Egipto están construidas en parte con una caliza de este género. La fig. 139 representa un ejemplar de caliza nummulítica de los Pirinéos.

Al piso nummulítico suceden, á veces en depósitos muy poderosos, areniscas y esquistos oscuros, conociéndose estos últimos en Suiza con el nombre de *flysch*, que se ha dado á toda esta formacion. Es muy pobre en fósiles, no conteniendo apénas sino algunas especies de varecs; más en el canton de Glaris se han encontrado muchos peces petrificados.

148. Al sistema terciario pertenecen tambien las notables cuencas de París, Lóndres y Maguncia, y aún podríamos añadir la de Sevilla.—La *cuenca de París* consiste en sedimentos de arenisca, caliza, marga, arcilla y yeso, y comprende muchas formaciones alternativas de

agua dulce y de mar. Es muy rica en fósiles, especialmente la *caliza basta*, excelente piedra de construccion, de que está hecho casi todo Paris. Fósil muy característico de ésta cuenca es la gran concha denominada *cerithium giganteum* (fig. 140).—En la *cuenca terciaria de Lóndres* se encuentran fósiles análogos, pero lo que la distingue, sobre todo, es el predominio de una arcilla tenaz, oscura ó de un gris azulado, llamada *arcilla de Lóndres*.—La *cuenca de Maguncia* tiene por capa inferior una arcilla azul, cubierta de arena, con muchos dientes de escualo ó tiburon (figs. 141 y 142); luégo vienen la arcilla de cerithes (llamada *cerithium margaritaceum et plicatum*, fig. 143 y 144), la *marga de cyrenees* (por la *cyrenea semistriata et subarata*, (fig. 145), la caliza de cerithes, y como roca más importante, la *caliza de littorinelles*, compuesta de millares de conchas de pequeños gasterópodos palustres (*paludina lenta*, *littorinella*, fig. 146) y que es la piedra de construccion más usada en Maguncia.—En la *cuenca de Sevilla* se hallan los mismos pisos, iguales formaciones y fósiles muy abundantes: las calizas bastas contienen el *pecten jacobeus*, multitud de *cardium*, caliza de cerithes y muchos dientes de *squalus*, *clippeastrides*, principalmente el *clippeaster altus* y otra variedad de moluscos marinos, escaseando los de agua dulce.

Las calizas de las cuencas terciarias que someramente indicamos, contienen restos de diversos reptiles, pájaros y mamíferos, y en las piedras y arenas que les suceden, se han descubierto huesos de *rhinoceros*, de mastodonte y de otro notable animal llamado dinotherium, del órden de los paquidermos, cuya mandíbula inferior tiene dientes caninos encorvados hácia atrás. En el terreno terciario de Sevilla se han hallado tambien multitud de restos de mamíferos fósiles, entre otros, huesos y fragmentos del esqueleto de un *balenido*, hallado en Villanueva del Rio.

Figura 140.

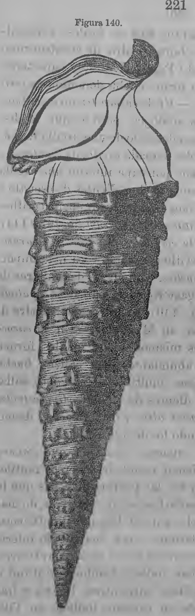


Figura 141.

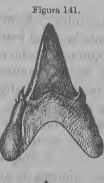
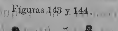
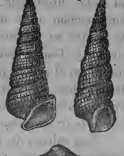




Figura 142.



Figuras 143 y 144.



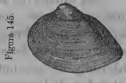


Figura 145.

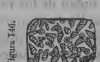


Figura 146.

Pertenece tambien á los depósitos terciarios de las expresadas cuencas el *lignito* de la Weteravia, que forma un depósito considerable: este carbon es un miembro precioso del sistema terciario, y está muy extendido en el norte de Alemania, en Bohemia, Polonia y hasta en Rusia, con gran provecho de la economía doméstica é industrial de estas regiones. Por lo comun, está cubierto por los terrenos diluviales, pero muchas veces aparece al descubierto, y donde ha sido elevado por su contacto con los basaltos, el calor lo ha hecho pasar más ó ménos al estado de hulla. Tambien existen depósitos de lignito en la provincia de Sevilla, en el distrito de Moron. Con el lignito suele encontrarse el ámbar amarillo.

149. Ciertas areniscas de Suiza llevan el nombre de *molassa*, que se ha puesto á una parte de los terrenos terciarios más recientes: ocupa toda la meseta suiza, así como el Tirol, la Stiria y la cuenca de Viena. Además del calcáreo, arenisca, arcilla, marga y lignito, se encuentra en Suiza una roca característica, el *nagelflue*, especie de pudinga ó conglomerado de guijarros cementados en una masa muy sólida por la caliza. Este terreno tiene á veces una potencia considerable, y se eleva hasta 2,000 metros en el monte Rigi, tan frecuentado por los *turistas*.

En la provincia de Sevilla encontramos tambien el *nagelflue* desde Posada hasta Almodóvar del Rio, cuyo antiguo y derruido castillo está edificado sobre este conglomerado.

En la formacion terciaria de los Carpatos están comprendidos esos inmensos depósitos de Wielitzka y de Bochnia, que tanta importancia y celebridad han alcanzado. Por último, á este sistema pertenecen los depósitos saliferianos de las provincias de Sevilla y Cádiz, la roca de sal de Cardona, el azufre de Sicilia en Italia, y el azu-

fre de Arcos de la Frontera y Conil en la provincia gaditana.

Además de los fósiles yá mencionados, hallamos tambien: la *lymnæa longiscata* (fig. 147); el *pectunculus pulvinatus;* la *cardita planicosta;* los *planorbis cornu et*

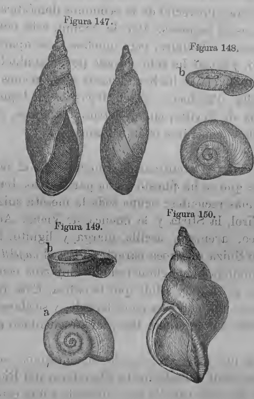


Figura 147.

Figura 148.

Figura 149.

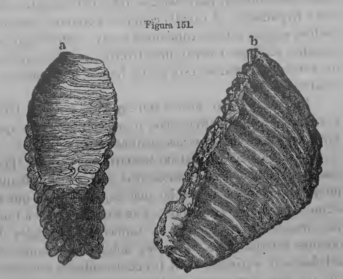
Figura 150.

discus (figs. 148 y 149); el *fusus bilineatus* (fig. 150); el *murax tubifer;* dientes del elefante antediluviano ó *mammuth* (1) (*elefas primigenius* figura 151); el *anoplo-*

(1) Nunca he encontrado en el terreno terciario el *mammuth* ó *elefas primigenius;* sus restos fósiles no se hallan sino en el terreno cuaternario más antigno, y si alguna vez es dudoso su yacimiento en el plioceno, la especie entónces es el *Eu-Elefas armeniacus* ó quizás el *antiquus. (N. del T.)*

therium y el *palæotherium*, animal semejante al tapiro actual, y ámbos pertenecientes á la cuenca de París; el *megatherium*, grande y torpe animal, análogo al perezoso que vive en las pampas de la América del Sur. Debemos citar tambien como fósiles terciarios muy interesantes, el de la *salamandra gigante* de Oeningen, cerca del lago Constanza, que se tuvo al prin-

Figura 151.



cipio por el esqueleto de un hombre antediluviano, y el *zeuglodon* (hydrarchos) de la Alabama, en los Estados-Unidos, el mayor animal fósil encontrado hasta aquí, de 15 metros de longitud, con tronco de ballena y dentadura de foca (1).

150. Considerando en conjunto los terrenos terciarios, se nota que su carácter distintivo consiste en ser

(1) Estos fósiles que el autor considera como pertenecientes al terreno terciario, en nuestra opinion no se encuentran sino en la formacion anterior, en lo que se considera como Sistema del Trias. *(N. del T.)*

los primeros en que se presentan los mamíferos en gran número y con representantes de todos los órdenes de esta clase de vertebrados. Porque, además de los indicados, se ve aparecer, desde las capas más antiguas hasta las más recientes, una série de especies de organizacion más y más perfeccionada: ballenas, delfines, focas, perezosos, tatos, marsupiales, paquidermos (el caballo con tres dedos ó hyparion y el caballo comun), pórcinos, roedores (liebre, castor, raton), rumiantes (buey, carnero, girafa, camello, antílope, ciervo), insectívoros, muchas especies de carnívoros (marta, oso, perro, hiena), queirópteros y cuadrumanos.

Estos mamíferos fósiles son especies, ó particulares y completamente extinguidas, ó semejantes á las que viven hoy, ó en fin, especies idénticas á las actuales.

La flora fósil del período terciario nos permite apreciar sus condiciones climatológicas mejor que la fauna; porque la planta está mucho más sujeta á éstas que el animal, que puede trasladarse y se adapta mejor á nuevas circunstancias. Además de numerosos vegetales de órdenes inferiores, se encuentra notable abundancia de árboles muy variados, entre los cuales admira ver géneros que hoy pertenecen exclusivamente á las regiones tropicales. Las palmeras, mirtos, gomeros, laureles, canelos, lianas, entre las cuales hay muchas especies de eflorescencia contínua, muestran que, en los primeros tiempos del período terciario, reinaba en Europa un clima tropical y, por consecuencia, una vejetacion muy lujuriosa, que, aunque aminorada hácia el fin de este período, era todavía bastante vigorosa para nutrir inmensos rebaños de los más grandes herbívoros que han aparecido sobre la tierra.

año de 70 á 150 metros de camino. De las montañas que la dominan, caen sin cesar fragmentes de roca grandes y pequeños, que son llevados sobre su dorso hácia las partes bajas del valle; se lleva tambien buena cantidad de otras piedras, enclavadas más en el hielo, acumuladas otras á su pié, y empujadas hácia adelante por la progresion del hielo.

Los inviernos largos y húmedos son los más favorables para el desarrollo de las neveras, que se las ve entónces descender más ó ménos léjos hácia los valles y terrenos bajos. Por el contrario, durante los estíos calientes, retroceden por consecuencia de la fusion de su extremidad inferior, y dejan á cierta distancia un *canchal* (1) *frontal* ó *terminal*, ó sea una muralla semicircular, formada de cantos y de fragmentos arrastra-

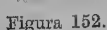


Figura 152.



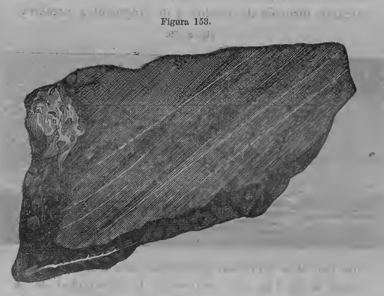
dos por ella. Hermoso ejemplo de este fenómeno presenta la fig. 152, que representa la extremidad de la *nevera del Rhodano*, la cual está rodeada de un muro de fragmentos y de muchos antiguos canchales frontales dispuestos en arcos concéntricos.

(1) Véase la nota *A* al final del libro.

En los dos flancos de las neveras están colocados los *canchales laterales*, cuyo orígen y composicion son los mismos que los de los precedentes. Cuando dos neveras que bajan de valles diferentes se reunen, resulta un *canchal medio*, de la reunion de los laterales que están en los costados y se sueldan.

Estas masas de hielo tienen muchas veces un espesor de muchos centenares de metros, y en su marcha descendente ejercen una accion muy poderosa sobre el lecho rocoso que las contiene. En las paredes y el fondo de este lecho la superficie de la roca es cortada, surcada, pulimentada, y sobre todo muy bien estriada como con un buril, por las piedras duras engastadas en el hielo. La figura 153 muestra un pedazo de roca pu-

Figura 153.



limentada y estriada de esta manera. Todos estos efectos aparecen á la vista, cuando el hielo se ha retirado por la fusion de una parte mayor ó menor de su extremidad inferior.

Los canchales y las rocas pulimentadas y estriadas son, pues, vestigios ciertos que han dejado las neveras, y como no se encuentran jamás en las formaciones más antiguas que los terrenos cuaternarios, se concluye que ántes de estos no habia en la tierra ni hielos ni neveras.

Los de las regiones polares pueden descender hasta el mar, y entónces parte de la masa de los canchales se hunde de repente en las olas, miéntras que la otra es llevada sobre montes de hielo desprendidos del ventisquero y va á bogar en alta mar, para concluir por caer en el fondo al fundirse sus vehículos flotantes. De esta manera fueron diseminados por las llanuras de la Alemania del Norte innumerables fragmentos de roca, que se conocen con el nombre de cantos erráticos y que, despues de haber sido arrancados de los Alpes Escandinavos y llevados sobre hielos flotantes al través del Báltico hasta las latitudes donde se encuentran hoy, fueron posteriormente sacados á luz por el levantamiento del fondo del mar donde habian sido depositados.

Los canchales y cantos erráticos son testimonios irrecusables de la presencia y extension de ventisqueros en lugares donde desaparecieron desde tiempo inmemorial, y prueban que, durante el período glacial, descendian de los Alpes seis inmensos ventisqueros principales, cuyos fragmentos de roca fueron diseminados por toda la meseta suiza, y hasta por Wurtemberg y Baviera, pasando por encima del lago de Costanza.

154. Para explicar cómo este período glacial pudo suceder al clima tropical de la época terciaria, se ha admitido que, por consecuencia de una retrogradacion lenta de los puntos equinocciales (véase *Astronomía*, §. 60) se producen en la tierra períodos de 10.500 años, durante los cuales un hemisferio tiene regularmente estíos más y más largos y calientes, miéntras que el otro, por

el contrario, tiene inviernos más largos y frios, que dan en suma por resultado producir un período glacial. Segun otra hipótesis, son debidos á variaciones en la excentricidad de la órbita terrestre. En tanto que hoy la diferencia entre el grande y pequeño eje de esta órbita es ochocientas veces el rádio de la tierra, habria sido, hace 200.000 años, de 3.000 rádios, de lo cual debió resultar el enfriamiento de aquel de los hemisferios cuyo invierno coincidió con el afelio de la tierra.

En una y otra hipótesis el período glacial se reproduciria despues de cierto intérvalo, pero en las formaciones anteriores á la época cuaternaria no se encuentran señales de semejante estado de cosas.

En igual incertidumbre estamos respecto á las causas del calentamiento del clima de Europa, por el cual todos estos antiguos ventisqueros se fundieron ó redujeron á las modestas proporciones que presentan hoy. Es probable que fué ocasionado sobre todo, por los cambios sobrevenidos en la situacion y extension de los continentes próximos á algunos levantamientos de la corteza terrestre. La meseta de África, despues de haber emergido del Océano, fué para Europa una especie de calentador, de donde partieron en adelante vientos calentados por las abrasadas arenas del desierto, que vinieron á fundir las nieves y los hielos que el invierno acumula en nuestro continente.

Claro es que el período glacial no pudo establecerse y concluir en un país, sin producir cambios profundos en la fauna y la flora.

155. Los terrenos cuaternarios consisten en materiales de transporte más ó ménos gruesos, en guijarros, grava, alternados ó unidos con arena ó arcilla. Estos depósitos alcanzan en diferentes puntos una potencia de 60 metros y una altura media de 300, pero no pasan

nado anteriormente. Así, se han encontrado, entre montones de huesos, útiles muy groseros, sobre todo, cuchillos de sílex y astas de rengíferos labradas y aguzadas en punta; además, los huesos largos de herbívoros están muchas veces hendidos á lo largo, lo que no pudieron hacer los animales carnívoros, pero que lo practican habitualmente los salvajes, con el fin de extraer la médula y comerla; por último, de cuando en cuando se han encontrado huesos humanos, entre ellos fragmentos de cráneo.

Otro descubrimiento que contribuye con los precedentes á probar la antigüedad de la existencia del hombre en la tierra, es el hecho de haberse hallado, en las arenas movedizas de las costas de Dinamarca, montones ó pequeños depósitos de conchas de ostras, entremezcladas con buena cantidad de restos de animales, entre otras, de especies que, por su género de alimentacion, dependen de selvas ó bosques de pinos, árboles que han desaparecido de este país hace muchos siglos, reemplazados por las hayas. Todo esto se llama *Kjokkenmodding*, ó resíduos de cocina, y aunque rara vez contienen objetos de industria humana, no puede por ménos de mirárselos como restos de comida de las poblaciones primitivas de estas costas, de las que la historia no ha guardado el menor recuerdo.

Aunque hayan nacido muchas ilusiones, opiniones erróneas y hasta imposturas, del celo inconsiderado con que vários observadores se han ingeniado para retroceder todo lo léjos posible la primera aparicion del hombre en la tierra, y aunque, por otra parte, pueda extrañar con razon la escasez de restos fósiles del hombre y de los objetos de su industria, está, sin embargo, perfectamente demostrado que nuestra especie existia ya cuando la formacion de los terrenos cuaternarios.

159. A nuestra vista podemos observar cómo se forman los depósitos de aluvion. Los torrentes y los rios arrastran de los flancos de las montañas y de las orillas de su lecho á los valles, materiales cuya cantidad depende de la rapidez de las aguas y de la consistencia de las rocas atacadas por ellas. De esta manera las alturas de la tierra están bajando y disminuyendo constantemente, aunque de manera insensible. Estos materiales de erosion se rompen en fragmentos más pequeños, y cuando la corriente decrece, se depositan al cabo, ora en forma de limo, más ó ménos fino, ora en forma de guijarros ó chinorros. Muchas veces se encuentran, entre estas materias, minerales que estaban diseminados en la masa de rocas fracturadas y que, en razon de su mayor densidad, se depositan más pronto que los de peso más ligero. De este modo el oro, la platina, las piedras preciosas, los minerales de zinc, etc., se recogen con frecuencia en terrenos de aluvion, de donde se extraen por la operacion del *lavado*, miéntras que sería muy dispendioso buscarlos en las montañas mismas que los suministran.

Los aluviones más vastos son producidos por el limo de los grandes rios, en forma de islas triangulares, llamadas *déltas*, que crecen constantemente y están colocadas en las desembocaduras de estos rios, dividiéndolos en muchos brazos, como sucede en el Nilo, el Rhin y el Danubio. Grandes lagos tambien han sido algunas veces rellenados poco á poco por depósitos de aluvion (1).

(1) Tenemos un ejemplo de lo expuesto por el Autor en la cuenca del Guadalquivir, que ántes de desembocar en Sanlúcar forma las islas Mayor y Menor ó Amalia, que se ven yendo de Sevilla á Sanlúcar de Barrameda. Estudiando la cuenca de Sevilla desde las colinas que sirven de contrafuerte á Sierra Morena, al N. O. de la misma ciudad, se reconoce perfectamente que un inmenso lago iba á confundirse en el período plioceno con el Atlántico, extendiéndose por el coto de doña Ana y las marismas Gallega y de Utrera, hasta la provincia de Huelva, para confundirse con el mar por Arenas Gordas, la Torre de la Arenilla y desembocadura del Odiel, con esa porcion del océano Atlántico que hoy tiene sus orillas en los lugares expresados y forma una lengua de tierra que separa hácia el S. O. ambas provincias. (*N. del T.*)

La potente accion destructora del mar está representada por las figuras 154 y 155. Destruye y construye sin cesar, quitando materiales á una costa para llevarlos á otra. En ciertos lugares, se ha observado la produccion lenta de una arenisca ó de un calcáreo marino de la

Figura 154.

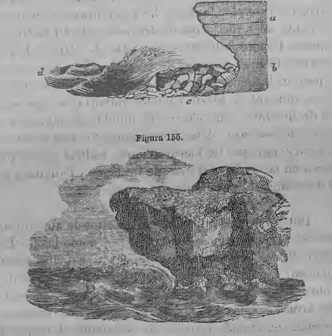


Figura 155.

formacion más moderna, que se compone de agua de mar evaporada y de detritus de conchas fracturadas: es la única roca en que se han encontrado esqueletos humanos (en la Guadalupe).

A nuestra época pertenecen tambien formaciones bastante considerables de *tuf calcáreo*. Muchos arroyos, lagos y marismas contienen en disolucion gran cantidad de carbonato de cal, el cual empieza á depositarse así

que se volatiza parte del ácido carbónico. Las incrustaciones calizas que de esto resultan, cubren todos los objetos que se encuentran en el agua, y forman una roca porosa y friable, que se endurece sin embargo al aire y se emplea como piedra de construccion. De esta especie es la tan conocida roca de *travertino*, que se encuentra en las inmediaciones de Roma, en los pantanos de San Filippo, por ejemplo, donde se ha visto formarse en ménos de veinte años una capa de travertino de 10 metros de espesor. Fuentes silicíferas, como las de Carlsbad, y las notables fuentes calientes de Islandia, llamadas *geysers*, depositan la sílice. En las aguas ferruginosas se deposita un mineral de hierro bastante importante, una especie de limonito, conocido con el nombre de *mina de pantano* ó *de marisma*. A las formaciones de este género es necesario agregar las incrustaciones salinas que se producen en las orillas del mar, de los lagos y pantanos, por el desecamiento parcial de sus aguas.

160. Los más importantes depósitos de aluvion son las *turberas*, que ocupan llanuras bajas como las de Holanda, Prusia, Hannover y Dinamarca. En ellas se encuentran sepultados bastante profundamente utensilios y obras hechas por la mano del hombre, como por ejemplo, armas célticas, el puente de madera que construyó Germanicus cuando penetró en Alemania al través de los Paises Bajos, etc. Sin embargo, se encuentra tambien turba en terrenos más antiguos, y es probable que haya contribuido á la formacion de ciertos lignitos ó hullas.

La turba se reproduce constantemente en nuestros dias, por la acumulacion y descomposicion de las plantas propias de estos depósitos. Se necesita mucho tiempo para la produccion de una capa de turba de cierto espesor, aunque depende esto de circunstancias locales: así, en el norte de Alemania se ha visto que han bastado 30

años para formarse una capa de dos metros de espesor, miéntras que, segun observaciones muy exactas, el aumento anual no es en Baviera más que de dos centímetros.

Los *depósitos de infusorios* se acumulan sin duda más lentamente aún que los de la turba. Se les llama así, porque se tomaba en otro tiempo por infusorios los pequeños organismos á los cuales deben su orígen, y que son en realidad algas microscópicas de muchas especies, formadas de tejido celular conteniendo sílice, y que á veces se designan con el nombre de *protistas*, como siendo los primeros rudimentos de la vida orgánica. En el estado viviente, forman una película verde sobre las aguas estancadas, y acaban por depositarse poco á poco en el fondo, donde constituyen esas capas de polvo fino y blanco conocidas con el nombre de *harina fósil*, de *gouhr silicio* ó de *tierra de infusorios*. Existen depósitos de esta materia cerca de Berlin en gran extension, y en el país de Luneburgo, donde los hay de una potencia de 10 metros. En fin, el *humus* ó *tierra vegetal* es tambien una formacion muy reciente, y aunque poco considerable, muy importante para el desenvolvimiento de las plantas.

Por lo que toca á formaciones recientes ó contemporáneas, tenemos en el mar, sobre todo en el Océano Pacífico, los *arrecifes* é islas *madrepóricas*, producidas por corales ó polyperos, cuyas ramificaciones calcáreas suben poco á poco hasta la superficie del agua. Las más notables de estas construcciones son los *atolls* ó islas anulares, cuyo interior consiste en una laguna. Para explicar su orígen, se ha admitido que los pólipos se establecieron en el contorno de un cráter submarino, y que el todo fué despues elevado por algun levantamiento por encima del nivel del mar. Hoy dia se cree con más verosimilitud, que los atolls provienen de una

depresion del fondo del mar: si suponemos que una isla rodeada de un cingulo de arrecifes madrepóricos, desciende poco á poco bajo las aguas, los polyperos continuarán elevando sus construcciones hasta cuando el medio de la isla, yá sumergida, haya sido reemplazado por una laguna, á cuyo alrededor habrá una muralla anular de coral. Si el punto culminante de la isla sumergida permanece encima de las aguas, formará un islote central en la laguna.

Otros muchos fenómenos merecen todavia fijar nuestra atencion. Las caidas de agua retroceden de una manera lenta, pero constante, hácia las fuentes de sus aguas, porque minan y destruyen poco á poco las rocas de donde caen: este hecho ha sido claramente demostrado en la catarata del *Niágara*. Las arenas de las *dunas* adelantan hácia el interior de los continentes, y amenazan cambiar en desierto más de una comarca rica y poblada, si no se oponen obstáculos artificiales á sus invasiones (1).

Tambien debemos consignar los levantamientos y hundimientos de terreno que han ocurrido durante los tiempos históricos, en ciertos países, y en mayor ó menor extension. En las ruinas de un templo cerca de Pouzzoles, Italia, se levantan aún tres columnas de mármol, lisas hasta una altura de cuatro metros, pero que

(1) Un ejemplo de este fenómeno, tenemos en la desembocadura del Guadalquivir en el coto de Doña Ana y en Sanlúcar de Barrameda. En el primero de estos puntos, las arenas de las playas se secan durante la baja mar, y los vientos del E. ó Levante, que tan constantes son en esta region, empujan aquellas arenas hácia el O. á la provincia de Huelva, y van avanzando, aunque con lentitud, anualmente. En Bonanza (Sanlúcar de Barrameda) los vientos del O. arrastran las arenas de las playas hácia Sanlúcar. Aunque el hombre ha puesto algunos obstáculos artificiales á esta invasion, continúan sin embargo las dunas avanzando, apesar de los *nabazos* y de las plantaciones de árboles, demasiado escasas, con que pretenden oponerles dique. En otros vários puntos de la costa de Cádiz y de Huelva, tiene lugar fenómeno semejante. Estos terrenos de dunas pueden utilizarse para la siembra de pinares. (*N. del T.*)

desde este punto, están acribilladas de agujeros hechos por conchas litófagas; pues esto únicamente ha podido efectuarse en el mar, por lo que es evidente que este templo ha debido estar sumergido durante largo tiempo, habiéndose elevado despues por cima de las aguas de una manera lenta. Animales mudos han dejado en estas columnas una inscripcion que nos anuncia un hecho que ningun otro documento histórico revela. De la misma manera se nota en nuestros dias un levantamiento muy lento de parte de las costas de Noruega y Suecia, miéntras que en la Scania descienden poco á poco bajo el nivel del mar.

Las formaciones aluviales nunca tienen, por lo general, una potencia considerable, ni se elevan apénas sobre el nivel del mar. Los restos orgánicos que contienen, pertenecen á plantas y animales que viven actualmente. Sin embargo, desde los tiempos históricos han desaparecido muchas formas animales, que han perecido, no en su lucha contra las fuerzas de la naturaleza, sino exterminadas por la mano implacable del hombre. Así ha sucedido con pájaros muy pesados, como el *dudu* de la isla de Francia, el *moa* de la Nueva-Zelandia y el *pájaro-gigante* de Madagascar.

Formaciones eruptivas.

Rocas no estratificadas ó macizas. Rocas igneas, volcánicas, plutónicas.

161. Vamos á ocuparnos ahora de las *formaciones eruptivas*, que difieren esencialmente de las sedimentarias, estudiadas hasta aquí. En el § 97 hemos indicado la

naturaleza y orígen de las rocas que entran en su composicion, y que son: el granito, la syenita, la diorita, el pórfido, la melafira, el basalto, la fonolita, la traquita y la lava. Hemos dado su descripcion mineralógica, y la identidad de sus elementos químicos nos ha demostrado que existe entre ellas la mayor afinidad.

Se trata al presente de considerar las rocas eruptivas bajo el punto de vista geológico, de estudiar su edad, su distribucion geográfica, sus relaciones mútuas y con los terrenos estratificados: estudio difícil, porque estas rocas macizas no están superpuestas de una manera regular, sino yuxtapuestas y hasta muchas veces enclavadas una en otra, y carecen absolutamente de esos restos orgánicos fósiles que son de tanta utilidad para distinguir los terrenos sedimentarios.

En la descripcion de estos terrenos hemos empezado por los que se consideran como más antiguos, por los que se depositaron primero, y encima de los cuales se han extendido en capas sucesivas las formaciones subsiguientes, más y más modernas hasta las contemporáneas; pero en el estudio de las rocas eruptivas es más ventajoso seguir el método inverso. Los volcanes en actividad nos muestran en su lava de qué manera una roca eruptiva sale al exterior, y nos suministran enseñanzas sobre las formaciones á que atribuimos orígen semejante, pero que referimos á períodos más ó ménos remotos.

Grupo de los volcanes.

162. Se designa en Geología con este nombre toda montaña por la cual se verifica, de dentro á fuera de la tierra, una erupcion que consiste, ya en lavas incandescentes, ya en limo, vapores ó gases. Estos fenóme-

nos se presentan con circunstancias tan características, que se puede reconocer con seguridad el lugar donde ha habido una erupcion, áun cuando mucho tiempo despues no haya habido otra, ó que el volcan, como se dice, se haya *extinguido*. Sin embargo, no puede establecerse línea divisoria entre volcanes extinguidos y volcanes en actividad. Así, el Vesubio, que permaneció tranquilo durante todo el tiempo de la república romana y que podia considerarse como extinguido, demostró enérgicamente su actividad en la formidable erupcion del año 79, que destruyó las ciudades de Herculano y Pompeya. Desde el siglo XIV tuvo un período de reposo de tres siglos, y desde 1631 produce erupciones muy frecuentes.

163. Los volcanes son generalmente montañas cónicas y más ó ménos aisladas. Esta forma cónica está bien determinada, sobre todo, en el pico de Tenerife y en el Cotopaxi, de los cuales el segundo es tan regular que parece un cono hecho á torno. Algunas veces la base misma de una montaña volcánica tiene yá la forma cónica, y constituye lo que se llama *cono de levantamiento*, sobre el cual se eleva el de *erupcion*, propio de todos los volcanes, y cuyos flancos son las más veces muy rápidos. Hállase este truncado en la cumbre y ahuecado en *cráter*, en el cual termina la *chimenea* que comunica con el *foco*, ó receptáculo de las materias eruptivas. El cráter tiene ordinariamente la forma de embudo, con paredes muy abruptas y descendiendo á profundidades insondables, donde no se puede penetrar sino por hendiduras laterales. En algunos casos, sin embargo, no presenta más que una débil depresion, ó un espacio enteramente llano, dominado por un reborde más ó ménos elevado.

Los volcanes presentan diferencias de altura muy considerables. Así, miéntras que el de *Stromboli* sólo tiene 901 metros; el *Vesubio*, 1,198; el *Etna*, 3,237; el *Pico de*

Tenerife, 3,710, los hay en el Kamtschatka que llegan á 5,000 metros; el de *Popocatapetl* en Méjico, á 5,250, y el de *Aconcagua* (Chile), á 6,834; de manera que estos últimos, aunque situados entre los trópicos, están cubiertos en sus vértices de nieves perpétuas.

El cono de erupcion, que se llama tambien *cono de cenizas*, porque consiste en materiales arrojados por el volcan, constituye casi la tercera parte de la altura total de la montaña. Diferencias no ménos considerables se notan en el diámetro de los cráteres. En tiempos de la república romana, el cráter del Vesubio era una pradera donde acampó Spartacus con un ejército de 10,000 esclavos: en otras partes, por el contrario, los cráteres son abismos estrechos y sin fondo.

164. De todos los fenómenos de la naturaleza, la erupcion volcánica es el más grandioso, el más magnífico, pero tambien el más violento y terrible por sus desastrosos efectos.

En todas las épocas y países es unánime la admiracion de los observadores por este espectáculo sublime, que se anuncia casi siempre por pronósticos ó signos precursores que todo el mundo reconoce.

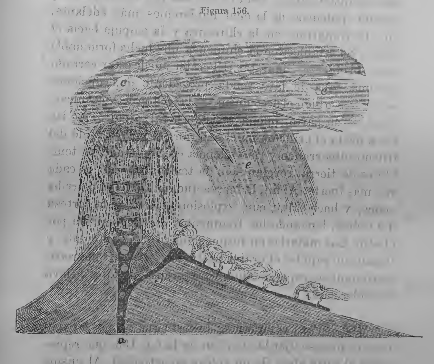
En los conos de los volcanes cubiertos de nieve, empieza ésta por fundirse de trecho en trecho, y aparecen manchas negras que anuncian la proximidad de la erupcion; muy luégo se suceden torrentes de agua procedentes de la nieve, fundida por el calor de la lava incandescente que sube hácia el cráter. Óyense ruidos subterráneos semejantes á truenos lejanos, acompañados muchas veces de terribles golpes; la tierra tiembla y es conmovida á lo léjos; fórmanse en ella fisuras y hendiduras, las fuentes se secan, y del vértice del cono se eleva una nube de humo. Tales son los fenómenos exteriores que preceden á la erupcion, conjunta ó aisladamente.

Lo que pasa en el interior de la montaña, sólo es visible á los ojos del espíritu, pudiendo imaginarnos que las cosas suceden de la manera siguiente: Del cráter desciende una chimenea á profundidades desconocidas hasta el foco del volcan, donde hierve una masa mineral en estado de fusion ígnea. Esta es elevada por una fuerza de enorme potencia, de la cual hablarémos más adelante, que la comprime en la chimenea y la empuja hácia el cráter. Se establece en la chimenea una lucha formidable entre dos fuerzas opuestas. El cráter puede estar cerrado por una capa de lava sólida, procedente de erupciones anteriores, ó bien el peso mismo de las materias volcánicas, elevadas en parte, opone resistencia al impulso que las lleva hácia el orificio. En el exterior, el mayor ruido del trueno subterráneo y la violencia creciente de los temblores de tierra, revelan que la tension interior es cada vez más fuerte. Al fin, la fuerza que obra de abajo arriba vence, y hace saltar con explosion espantosa la corteza del cráter, lanzando los fragmentos á grande altura por el aire. Las materias en fusion siguen inmediatamente, y llenan con rapidez el cráter hasta sus bordes, que rebasan ó rompen, esparciéndose por fuera en torrentes de lava incandescente.

165. Para comprender bien lo que vamos á exponer, es preciso fijar la atencion en la fig. 156, que representa el corte ideal de un volcan en actividad. Al mismo tiempo que la lava, se eleva del foco vapor de agua, cuyas burbujas son comprimidas á su paso por la chimenea *a*, y se dilatan más y más á medida que suben tomando la figura de fardos aplastados *dd*. La cantidad de vapor acuoso que de este modo pasa al estado libre es tan enorme, que se acumula encima del volcan en una nube de brillante blancura *c*, que está muy cargada de electricidad y emite contínuamente relámpagos y truenos. De ella

caen torrentes de lluvia, como trombas de agua, que descienden en torrentes fangosos, arrasando los valles colindantes. Estas descargas eléctricas son una prueba grandiosa de que los vapores escapados de una caldera de vapor, están impregnados de electricidad en alto grado.

Figura 156.



Materias pulverulentas, compuestas de partículas de lava, se elevan á extraordinaria altura encima del cráter, y toman en el aire el aspecto de un inmenso pino parasol. Fragmentos de lava más ó ménos grandes, llamados *rapilli* ó *bombas volcánicas*, son lanzados hasta alturas de 1,000 metros y á distancia de muchas leguas, ó bien caen sobre el volcan en forma de haces de fuego, *f*. Jamás salen llamas de la boca del volcan, porque en él no arde

fuego alguno; la columna de fuego que, de noche, parece elevarse del cráter, y que el viento no agita, no es más que apariencia, debida al reflejo de la lava incandescente sobre las escorias y vapores.

La erupcion volcánica puede, segun las circunstancias locales, diferir notablemente de la marcha general que acabamos de describir. Cuando un volcan tiene menor resistencia en sus paredes laterales, lo que sucede especialmente en los de gran elevacion, acontece de ordinario que la lava se abre un nuevo camino más bajo que el cráter principal (fig. 156 *g*). Muchas veces tambien se forman, alrededor de un cono de erupcion principal, otros laterales bastante numerosos.

166. La erupcion de un volcan pone fin á la tension interior, y las conmociones de la montaña van disminuyendo ó terminan completamente, por lo que no sin razon llamó Humboldt á los volcanes *válvulas de seguridad de la tierra*. Pero se producen entónces otros peligros para los países colindantes. Los derrames de lava, bajando por la montaña, destruyen todo lo que pisan. Citarémos, como ejemplo, la espantosa erupcion del Vesubio de 1631, que destruyó ciento seis villas y aldeas, pereciendo millares de personas. Respecto de las localidades distantes de la montaña, las *cenizas volcánicas* les son tan perjudiciales como la lava; porque el viento las lleva á lo léjos en masas tan abundantes, que el aire se oscurece y, cayendo en el suelo, sepultan pueblos y campiñas, como sucedió á Herculano y Pompeya el año 70 de nuestra Era. Estas materias no son propiamente cenizas, sino polvo de lava, llamado ceniza por su color gris.

La velocidad de una corriente de lava depende, en primer término, de la inclinacion de la pendiente por donde desciende. Se tienen ejemplos en que esta velocidad ha llegado á 600 y hasta á 2,000 metros por hora;

pero decrece mucho por su enfriamiento gradual. Las corrientes de lava pueden tener de 50 á 200 metros de espesor, y ocupan por lo comun muchas leguas de anchura. En Islandia hay un campo antiguo de lava que tiene 110 millas geográficas. En los bancos de lava, que se enfrian lentamente, la materia se divide en columnas prismáticas, muchas veces separadas trasversalmente, y muy semejantes á las que se observan en las rocas basálticas: se han encontrado hermosos ejemplares en Islandia y en Torre del Greco, al pié del Vesubio.

En general, las erupciones son tanto más raras cuanto más altos son los volcanes. El de Stromboli, que sólo tiene 901 metros, está en actividad desde tiempo inmemorial, y por esto se le ha llamado *faro del mar Tyrreno*; sin embargo, el Sangai, que tiene más de 5,000 metros, tambien está constantemente en actividad. En cambio, hay muchos volcanes de los que nunca sale lava.

Los *volcanes sub-marinos* presentan naturalmente fenómenos muy diversos. Sus erupciones son raras, y van acompañadas ordinariamente de la aparicion de islas pasajeras. Así, en Julio de 1831, salió de las aguas, en la costa oriental de Sicilia, la *isla Ferdinandea*, que desapareció en el mes de Noviembre del mismo año. Estos volcanes no producen lava, sino *tufs volcánicos*.

167. Además de la lava y el vapor de agua, salen de los volcanes otras muchas materias. Las más singulares de estas eyecciones son los *peces*, que se ha visto cubrir campiñas en una extension de muchas leguas, despues de las erupciones de ciertos volcanes de la América del Sur, y que procedian de las aguas de cavernas destruidas y vaciadas por los sacudimientos volcánicos.

Diferentes gases se desprenden de los cráteres con gran abundancia, áun mucho tiempo despues de haber cesado las erupciones. Los principales son el ácido *sulfú-*

drico y *sulfuroso*, que se descomponen y depositan azufre; llamándose *solfataras* los lugares donde el azufre se deposita en bastante cantidad para ser explotado. El *amoniaco* y los ácidos *clorídrico* y *carbónico*, tampoco faltan nunca; pero el último sólo aparece en gran cantidad hácia el fin, por lo que su predominio es indicio de la extincion del volcan. La accion de los vapores calientes y de los gases ácidos sobre las rocas volcánicas, produce nuevos compuestos, y no son raros en las inmediaciones de los volcanes ricos hallazgos de minerales muy diversos.

Las *fumarolas* son hendiduras en los cráteres y corrientes de lava, por donde se desprenden vapores de agua, y se llaman *mofetas* las depresiones en terrenos volcánicos extinguidos, donde se acumula ácido carbónico (gruta del Perro, cerca de Nápoles). Se observan fenómenos particulares en las *zalzas* ó *volcanes de fango*, que son cavidades crateriformes, donde se encuentran pequeños conos por cuyo vértice se derrama el fango, impregnado ordinariamente de nafta y que parece estar en ebullicion, porque se desprenden de él vapores y gases, sobre todo ácido carbónico (1). En los terrenos volcánicos de Toscana existen pequeños estanques, llamados *suffioni*, de los cuales salen vapores que contienen mucha cantidad de ácido bórico, el cual casi nunca se produce fuera de estas localidades.

168. Hoy se conocen en la tierra próximamente trescientos puntos ó lugares volcánicos; pero este número no es definitivo, en atencion á que pueden producirse nuevos volcanes, como por ejemplo, el de *Jorullo*, que se levantó en 1795 en una llanura de Méjico, despues de sesenta dias de temblores de tierra (2). Los vol-

(1) Véase la *Nota B* al final de este libro.

(2) Y el de Cosigüina en el Centro de América en 1832. Véase nuestra *Nota C* al final de este libro. (*N. del T.*)

canes se presentan ya *aislados*, ya en *grupos* ó *líneas*, hallándose estos últimos principalmente en la América del Sur, donde parece que están alineados sobre antiguas hendiduras de la corteza terrestre. Los volcanes pertenecen á todas las zonas y á todas las partes del globo; sin embargo, es singular que se encuentren muy pocos en el continente africano. À excepcion de algunos del Asia Central, todos los demás están situados en la proximidad de los mares, cuyas aguas parece que tienen alguna influencia en su actividad.

Los volcanes activos de Europa son el *Vesubio*, el *Etna*, el *Stromboli* en las islas Lipari, y el *Hecla* en Islandia. Los volcanes apagados más notables son: en Francia, los de Auvernia, Vivarais y Cevennes; y en las orillas del Rhin, los de las montañas de Eifel y de Siebengebirge. Vénse allí corrientes de lava, emanaciones de gas ácido carbónico, tuf y piedra pómez; pero lo que revela sobre todo su orígen volcánico, es la forma de las montañas. Estos antiguos cráteres están algunas veces llenos de agua, á manera de pequeños lagos (fig. 157).

Figura 157.

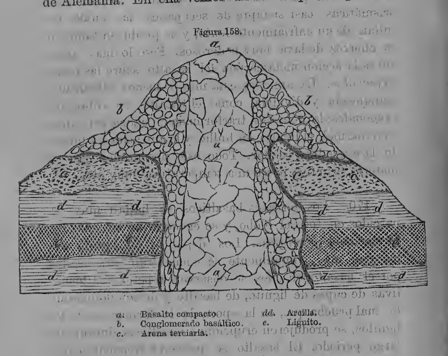


Grupo del Basalto.

169. Además del *basalto* propiamente dicho, comprende tambien esta formacion la *dolerita*, así como los conglomerados y tufs. El basalto se presenta en domos,

chorros ó sábanas y filones; pero su forma característica es el domo, sobre todo cuando se reconoce claramente que es el resultado de una fuerza eruptiva, como en la fig. 158, que representa un montículo basáltico de Alemania. En ella vemos un tronco que, despues de

Figura 158.



a. Basalto compacto. dd. Arcilla.
b. Conglomerado basáltico. e. Lignito.
c. Arena terciaria.

haber perforado al través rocas sedimentarias, se ha derramado en la cumbre afectando la forma de un hongo. En los basaltos nunca se observan verdaderos cráteres. Las sábanas parecen proceder de los derrames de la materia en fusion fuera de hendiduras muy anchas, sobre todo en las erupciones submarinas. De esta manera se explica el orígen de la enorme capa de basalto que ocupa en Islandia una extension de 1000 millas cuadradas. Es muy comun encontrar filones de basalto en otras rocas, en las cuales se distinguen claramente

por su color oscuro, en particular cuando la roca atravesada es caliza.

La presencia del basalto va acompañada de fenómenos muy característicos. Hemos mencionado ántes que tiene la particularidad de dividirse en columnas prismáticas, casi siempre de seis panes, las cuales resultan de un enfriamiento lento, y se producen tambien en chorros de lava muy poderosos. Pero lo más notable es la accion metamórfica del basalto sobre las rocas adyacentes. La arenisca está más ó ménos vitrificada, blanqueada y dividida, como el basalto, en columnas exagonales; la creta está trasformada en caliza cristalina ó en mármol; el lignito, en hulla, y la antracita ha tomado la estructura bacilar. Todo esto nos prueba que la materia eruptiva posée una temperatura muy alta.

170. Los terrenos basálticos se hallan muy esparcidos en todo el globo, y se encuentran en todas las formaciones geológicas. Los depósitos de lignito son los que más comunmente se encuentran atravesados por el basalto; en ellos se observan repetidas alternativas de capas de lignito, de basalto y de conglomerado, lo cual prueba que, en la época de la formacion de los lignitos, se produjeron erupciones basálticas durante un largo período. El basalto se presenta frecuentemente tambien en compañía de antiguas rocas volcánicas, de donde proviene el que muchas veces sea difícil discernir si estas lavas son basálticas ó volcánicas. Es cosa notable que haya tan pocas alteraciones en la estratificacion de las capas de sedimento atravesadas por filones de basalto, pero, en cambio, éstos contienen con frecuencia fragmentos de las rocas adyacentes. De la division prismática de los basaltos resultan muchas veces columnas, que llaman la atencion por su elegancia y regularidad. Citamos, como ejemplos célebres, la *cal-*

zada de los gigantes en Irlanda, la *gruta de Fingal* en la isla de Staffa (Hebridas, fig. 159), las *columnatas de Rochemaure* en Francia, y la *gruta de los quesos* en Eifel, orillas del Rhin, en que las columnas están subdivididas trasversalmente en articulaciones, cuyas aristas han

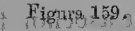
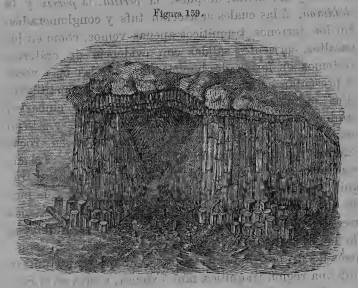


Figura 159.



sido desgastadas por los agentes atmosféricos, de lo cual han resultado piezas redondeadas que se han comparado á pilas de quesos.

Imposible seria contar los puntos tan numerosos de la tierra donde se encuentran filones y domos aislados de esta roca. En Francia, los terrenos basálticos abundan, principalmente en Auvernia, pero no tienen tanta extension como los de Islandia. Bastante raros en la Alemania meridional, son comunes en la del Norte, y se extienden por las orillas del Rhin, desde los Ardennes hasta más allá de Cassel, prolongándose, al Este, por Sajonia, Bohemia, Hungría, etc.

Grupo del Traquito.

171. Las principales rocas de este grupo son el *traquito* y la *fonolita*; despues, la *perlita*, la *pómez* y la *obsidiana*, á las cuales se asocian tufs y conglomerados. En los terrenos traquíticos apenas vemos, como en los basaltos, corrientes salidas con evidencia de cráteres, ni domos en forma de hongos; sino que las más veces se presentan en grandes masas informes, y constituyen, altas montañas de 900 á 1200 metros. Sin embargo, tambien se encuentra el traquito en filones, y esto en todos los terrenos sedimentarios, así como en rocas macizas, particularmente en el granito; pero es raro encontrarlo en columnas prismáticas. En Islandia el traquito y el basalto se atraviesan recíprocamente, de modo que muchos traquitos son ya mas antiguos, ya más recientes que los basaltos. Las formaciones traquíticas de las islas Lipari, y sobre todo de Méjico, están acompañadas de piedra pómez y de obsidiana. En Hungría hay una region traquítica muy extensa, y otra en el Siebengebirge y Eifel, en las orillas del Rhin. En Francia el traquito constituye los montes Doré y Cantal.

La fonolita atraviesa los mismos terrenos que el traquito, y las montañas que constituye se distinguen por su forma cónica, y se encuentran, ora aisladamente, ora alineadas, en Bohemia, en Hegan cerca del lago de Constanza, y en Francia, en el país granítico de Velay. Se presenta ordinariamente dividida en placas ú hojas, y alguna vez en columnas prismáticas, que convergen en forma de haces ó canastillos, como en el monte Cevennes de Francia, que tiene una altura de 1500 metros.

Grupo de la Meláfira.

172. Esta roca abre la série de las *eruptivas antiguas*, cuya aparicion es anterior á la época terciaria, y en las cuales se borran cada vez más los caractéres de orígen volcánico. La meláfira, muy esparcida, se presenta en capas, domos y filones más ó ménos gruesos, acompañados las más veces de *amigdaloides* y *conglomerados*. En forma de filones se encuentra en los granitos y sienitas del Tirol y del bosque de Turingia, en la grauwacka del Hartz y en las hullas del Palatinado. Las meláfiras se hallan frecuentemente en compañía de los pórfidos. Las rocas atravesadas por la meláfira no sufren ordinariamente alteracion; sin embargo, se ha observado que, por su contacto, los esquistos arcillosos se trasforman en una especie de jaspe y la hulla en antracita.

Grupo del Pórfido.

173. Además de las variedades mencionadas en el §. 101, que se dividen principalmente en pórfidos cuarcíferos y en pórfidos sin cuarzo ó porfiditas, se encuentran en este grupo muchas veces brechas conglomerados y tufs. De todas las rocas eruptivas, el pórfido es el más abundante, despues del granito. En muchos lugares se ha producido una sucesion de varias erupciones porfídicas, con alteracion de las rocas adyacentes, como por ejemplo, en los depósitos hulleros de la Silesia.

Las montañas porfídicas son ordinariamente rápidas y abruptas, terminadas en aristas tijereteadas y ofre-

ciendo un aspecto muy pintoresco. Capas y filones de pórfido se encuentran en el gneiss y el granito, en la grauwacka, hulla y arenisca roja abigarrada. La variedad de pórfido llamado *retinita* existe principalmente en Sajonia y en Islandia.

GRUPO DE LA DIORITA.

174. Las rocas eruptivas de este grupo son las ménos abundantes, de modo que apénas se encuentran sus huellas en las cartas geológicas de medianas dimensiones. La más comun es la *diabasa*, que se presenta en capas, y acompañada de amigdaloides y variolita esquistosa. La diorita forma domos y cadenas de colinas; la *hyperstena* y el *gabbro*, domos y filones más ó ménos gruesos, sucediendo lo mismo con la *serpentina*, que parece resultar de una trasformacion del *gabbro*.

La *diabasa*, que rara vez se encuentra en las rocas macizas, pertenece principalmente á las formaciones de la grauwacka ó de la arenisca abigarrada. La *diorita*, por el contrario, se halla las más veces en el granito, el gneiss y el micaesquisto; pero alguna que otra vez se encuentra aisladamente en el terreno carbonífero, y áun en el terciario. El *gabbro* existe en gruesos filones y cantos en el micaesquisto, y en la grauwacka de Hart, en masas bastante grandes, atravesadas por filones de granito. Se observan tránsitos del *gabbro* á la serpentina en Sajonia y en el Cornouailles, y transiciones muy notables de la serpentina al granito en la meseta de Bernina en Suiza. Se encuentran, en Francia y en Sajonia, poderosos filones de serpentina en el gneiss y el micaesquisto; tambien se han señalado en el terreno hullero del Banat y en las formaciones cretáceas y tercia-

rias de Italia, donde las colinas formadas por esta roca se distinguen por su pobre vegetacion.

GRUPO DEL GRANITO.

175. Esta roca es una de las más conocidas. Bajo muchos aspectos ha llegado á ser proverbial, y de su nombre se sirven los poetas como símbolo de remotísima antigüedad, de solidez inquebrantable y de indestructible duracion. Tampoco hay otra roca de la cual se tenga, geológicamente, concepto tan claro y satisfactorio. El granito fué mirado desde un principio como la formacion primordial ó fundamental, sobre la que se habian depositado más tarde los terrenos sedimentarios, por lo que es tanto más notable que los progresos de la Geología hayan dado orígen á opiniones contradictorias sobre la edad y orígen de esta roca, las cuales expondremos más adelante, en el capítulo de la *Historia de la formacion de la tierra.* Nos basta indicar aquí que se empezó por considerar el granito como una formacion sedimentaria, que despues fué considerado como roca eruptiva ó plutónica; pero que, en estos últimos tiempos, se ha pretendido que es el producto de una cristalizacion, hecha, bien en una solucion acuosa, bien en una materia en fusion, con el concurso del agua. La divergencia é indecision de estas opiniones se aplican tambien á las rocas granitoideas, tales como el gneiss y la sienita.

Hemos visto en el parágrafo 132, que el *gneiss* tiene la mayor afinidad con los esquistos cristalinos, de tal suerte que ha sido contado entre las rocas estratificadas más antiguas. Sin embargo, en ciertas localidades se presenta con caractéres tales, que autorizan á considerarlo como roca eruptiva. Esto sucede principalmente

en Sajonia, en el Erzgebirge, cuya parte central consiste sobre todo en esquisto arcilloso, en micaesquisto y en gneiss, distinguiéndose en este último una variedad gris, que se encuentra en masas bastante grandes, y atravesada, como los esquistos, por filones más ó ménos gruesos de un gneiss rojo; es la roca designada con el nombre de *protogina*. Fenómenos semejantes se observan en Moravia, en el Riesengebirge y en Noruega.

176. Una ojeada sobre el mapa geológico de una de las partes del mundo, nos muestra que el granito es la más abundante de todas las rocas macizas, y que no cede en extension á las formaciones sedimentarias. Como en un mapa apénas están indicados los volcanes más que por puntos, tenemos con esto un indicio de que el granito ha debido salir del seno de la tierra en otra forma que en estado de lava. En cuanto á su apariencia exterior, es de notar que se presenta principalmente en forma de montañas, y que es raro encontrarlo en las llanuras. Hemos observado yá en el parágrafo 101, que la configuracion de estas montañas está sugeta á grandes variaciones, segun la desagregacion más ó ménos fácil de las diversas clases de granito. Muchas veces afectan la forma de domo ó de bala, sobre los cuales se muestran de trecho en trecho montones ó pilas de rocas, semejantes á restos de ruinas, lo que produce aspectos muy pintorescos. En otras partes, se encuentran más bien esos cantos redondeados semejantes á fardos de lana, de que hemos hablado en el párrafo citado procedentemente.

El granito forma con frecuencia troncos ó núcleos de montañas, envueltas, como por un manto, por el gneiss y el esquisto cristalino; con no ménos frecuencia se encuentra que atraviesa otra roca en forma de filones, de granos ordinariamente más finos, como si

en estos puntos la materia se hubiese endurecido y cristalizado más rápidamente. El gneiss y los esquistos de la grauwacka son, por lo general, los que están así atravesados por el granito, no siendo raro encontrar tambien granito antiguo atravesado por granito más reciente. Parece, segun esto, que la aparicion del granito debe referirse á las primeras épocas de la formacion de la tierra; sin embargo, se ha encontrado tambien en formaciones secundarias más modernas, en el trias, el jura y la creta, aunque de una manera aislada y algunas veces dudosa. Es digno de notarse que las rocas de la grauwacka y el esquisto arcilloso se han trasformado, por su contacto con los filones de granito que los atraviesan, en una roca particular, llamada *hornfels*, de grano muy fino y de color gris-amarillento. Mas no se han observado, en las inmediaciones de los granitos, cambios bien definidos en la estratificacion de las rocas sedimentarias.

El granito abunda mucho en los Alpes; pero no constituye masas considerables, sino que sigue toda la cadena formando núcleos interiores, sobre los cuales descansan el gneiss y los esquistos cristalinos. De vez en cuando se presenta en relaciones muy singulares con el calcáreo, del cual se ven trozos cuneiformes enclavados en el granito.

En Francia se halla el granito en masas muy extensas, en Auvernia y el Limosin. Respecto de Alemania, está más extendido al Este, donde constituye las montañas que ciñen la cuenca de Bohemia; pero aparece más aisladamente en el Hartz, bosque de Turingia, Vosgos, Selva Negra y montañas bajas renanas. Yá hemos dicho que los numerosos cantos de granito diseminados en todas las llanuras de la Alemania setentrional y hasta en Polonia, provienen de los vastos montes graníticos de Escandinavia.

La *leptynita* está poco extendida, pero se encuentra en condiciones muy curiosas al pié del Erzgebirge. La *syenita* es más abundante, atravesada ordinariamente por el granito, en cuya roca se trasforma muchas veces poco á poco.

HISTORIA DE LA FORMACION DE LA TIERRA

177. El edificio terrestre habitado por el género humano, no ha adquirido repentinamente su forma actual. Ensayaremos explicar la historia de su orígen, y formarnos sobre sus principios y desenvolvimiento progresivo una idea fundada en la experiencia y la observacion de los hechos. La historia especial de la tierra es primero *cósmica*, es decir, que forma parte de la del universo entero; despues es *telúrica*, esto es, que tiene su marcha propia é independiente. La *cosmogonía*, ó el orígen del mundo, ha preocupado desde los tiempos más remotos el espíritu de todos los pueblos, y segun su estado de instruccion, hallamos en sus mitos las suposiciones más monstruosas, mezcladas con las vagas ficciones de una imaginacion poética.

Pero ni las especulaciones de los filósofos ni las fantasías de los poetas han producido nada, en estos antiguos sistemas cosmogónicos, que esté de acuerdo con los resultados del estudio hecho de la naturaleza por los modernos. Sólo desde el dia en que se adquirieron nociones más exactas sobre las fuerzas naturales, en que se pudo afirmar que estas fuerzas, que vemos obrar en el dominio de la tierra, son las mismas que las que reinan en el universo entero desde toda eternidad, sólo desde ese dia fué posible proponer explicaciones que tuviesen en su favor algo más que el prestigio de una imaginacion ingeniosa.

Por este camino llegó Laplace á emitir sobre el orígen de nuestro sistema planetario una hipótesis grandiosa, que resumiremos en pocas palabras. Según este ilustre astrónomo, toda la masa de materia de que se compone actualmente el sol con todos sus planetas, se encontraba originariamente en estado gaseoso, y se extendia por el espacio mucho más allá de nuestro planeta más apartado. El cálculo demuestra, que esta masa vaporosa debia tener una densidad mucho menor que la nebulosidad trasparente que forma la cola de los cometas.

El primer acto de la formacion de nuestro mundo fué que, en el centro de este inmenso globo de vapor, se operó una condensacion, se produjo un núcleo, que fué puesto en rotacion y comunicó este movimiento á toda la masa de vapor en que estaba envuelto. En virtud de la fuerza centrífuga, esta masa gaseosa debió tomar una forma deprimida, casi lenticular. Una condensacion ulterior del núcleo interno produjo una rotacion cada vez más rápida, de manera que, hácia la periferia de la envoltura vaporosa, la fuerza centrífuga llegó á prevalecer, separando la parte más exterior en forma de anillo. Este cíngulo continuó su movimiento rotatorio en la direccion primitiva, y condensándose cada vez más, se constituyó

en un globo independiente, formándose de esta manera el más exterior ó el primero de los planetas. La condensacion primitiva del núcleo central trajo consigo una rapidez de rotacion cada vez mayor, que determinó sucesivamente muchas separaciones de capas exteriores, de las que se formó la série de los planetas de nuestro sistema solar. Una vez separados los cuerpos, siguieron un curso algun tanto diferente en su ulterior desenvolvimiento. En algunos, el fenómeno que acabamos de describir, es decir, el desprendimiento de una parte por la rapidez de la rotacion, se repitió en pequeño, y así se produjeron los *satélites* ó *lunas:* en el planeta *Saturno* encontramos aún el fenómeno singular de anillos desprendidos, que se han conservado en tal estado. Sucedió tambien que la parte de vapor desprendida de la masa principal, no se condensó en un sólo planeta, sino que se dividió en vários pequeños cuerpos planetarios, que llamamos *asteroides*, ó planetas telescópicos, y gravitan alrededor del sol á distancias casi iguales. Con la produccion del planeta más jóven, de *Mercurio*, nuestro sistema planetario recibió su complemento, y el sol, su núcleo, obró en adelante sobre los planetas como centro indivisible de atraccion.

Esta teoría de Laplace no es más que la expresion de las relaciones que existen realmente en el sistema planetario, y se funda principalmente en este hecho: que todos los planetas y satélites, exceptuando sólo los satélites de *Urano*, se mueven y giran en una misma direccion, que no os otra que la de la rotacion del sol sobre su eje.

Los fenómenos que hemos descrito pueden reproducirse de una manera bastante interesante en un vaso ordinario de cristal. Se vierte en él una mezcla de espíritu de vino y de agua, teniendo exactamente la densidad del aceite, y se añade despues una pequeña cantidad de este último liquido, el cual, en virtud de la presion que es

igual por todos los lados, toma la forma de una bola nadando en la mezcla de agua y alcohol. Ahora, si se atraviesa la esfera de aceite con un hilo metálico fino á guisa de eje, y se hace que gire sobre sí mismo con precaucion, se llegará á comunicar la rotacion á la esfera y, aumentando la velocidad, se la verá aplastarse, y desprenderse de ella algunas capas, que formarán pequeños glóbulos separados.

178. Sigamos ahora á esta bola de gas, la *tierra futura*, lanzada en su órbita actual, y veremos manifestarse poco á poco las afinidades químicas en su materia, dominada hasta entónces exclusivamente por las fuerzas físicas. Los átomos, que se habian mantenido separados á grandes distancias, se aproximan, atraen, combinan y quedan sometidos á las reacciones químicas. En las experiencias de laboratorio, vemos que á todas las combinaciones de elementos un poco enérgicas acompaña un gran desenvolvimiento de calor, por cuya razon la esfera terrestre debia estar enteramente abrasada, semejante á un glóbulo de potasio que arde en el agua donde lo echamos y gira silvando. Los elementos se unieron entre sí para formar combinaciones, que pudieran resistir á la alta temperatura de este estado de la tierra. La atmósfera estaba formada por cuerpos gaseosos, que cubrian como una envoltura el núcleo terrestre más sólido, y en ella se mezclaban vapores de gran cantidad de combinaciones volátiles que, bajo una temperatura tan elevada, no podian mantenerse en estado líquido ó sólido. Todo lo que actualmente es mar, era entónces vapor de agua, y la tierra, en esta época primitiva, se nos aparece en forma de núcleo blando é incandescente, rodeado de una atmósfera enorme y extraordinariamente densa.

Pero esta bola de fuego emitia constantemente calor en el espacio universal, y estas pérdidas produjeron pri-

mero sus efectos en la superficie. Combinaciones químicas difícilmente fusibles, como el silicato de alúmina, empezaron á depositarse; luégo, por el progreso del enfriamiento, formaron una envoltura delgada ó una débil corteza sobre el núcleo incandescente, y lo separaron de su atmósfera de vapores. Así se formó la primera base de la corteza terrestre, cuyo espesor pudo aumentar entónces más pronto, puesto que, detenida la influencia directa del fuego interior, las combinaciones volátiles pudieron, en parte por lo ménos, precipitarse sobre esta corteza terrestre en estado líquido.

179. Segun la teoría que acabamos de exponer, la tierra es, pues, un globo esferoidal, resultado de la condensacion de una masa inmensa de vapores, y que consiste, en su mayor parte, en un núcleo de materia en estado de fusion ígnea, cubierto de una corteza sólida, relativamente delgada, sobre la cual se extienden los mares y la atmósfera. Esta teoría ha sido comprobada, en sus puntos esenciales, por hechos observados en el universo y en la misma tierra.

El análisis espectral nos permite, no sólo ver en qué estado se hallan los cuerpos celestes, sino tambien averiguar la naturaleza de las materias que los componen. Por él hemos descubierto que en el espacio universal existen, áun hoy dia, masas de vapores bien determinadas, y que el sol es un globo incandescente rodeado de una atmósfera, lo cuál está conforme con nuestra hipótesis sobre la formacion de la tierra.

Observaciones directas prueban tambien que el interior de la tierra se encuentra en estado de fusion. Sabemos que cada punto de la tierra tiene su temperatura media anual, la cual está en razon de su grado de latitud, de su posicion geográfica, y sobre todo, de su altura. Miéntras que, en Paris, esta temperatura media es de 10°,8, en el

Ecuador es de 25°. Pero es notable que, si en un lugar cualquiera se coloca un termómetro en el suelo á 1 metro de profundidad, no indica yá las variaciones de la temperatura de un dia, sino solamente las de la temperatura del año. Por el contrario, á una profundidad de 20 á 24 metros, el termómetro indica en el suelo una temperatura que es siempre la misma, é igual á la media anual del aire encima del lugar donde se hace la observacion. Ni el verano más caliente, ni el más frio invierno, producen allí cambio alguno; es una temperatura independiente del sol, un calor *propio* de la tierra. Pero si de este punto descendemos todavía más, entónces el termómetro marcará siempre un grado más por cada 33 metros próximamente que se descienda. Este crecimiento tan notable que se produce en el calor terrestre, ha sido comprobado en várlos puntos del globo, muy distantes unos de otros, y en todas las profundidades conocidas hasta el dia.

Si este aumento de la temperatura continúa de un modo constante hasta las partes más profundas é inaccesibles á la observacion directa, la temperatura, á una profundidad de 54 kilómetros, deberá ser de 1800 grados, que es la de la fusion del hierro; á una profundidad de 80 kilómetros, será de 2700 grados, á cuya temperatura todos los cuerpos se encuentran en estado de fusion ígnea. Esto nos explica por qué las fuentes termales son tanto más calientes cuanto provienen de capas más profundas del suelo. Segun esta ley de crecimiento del calor central, se ha admitido que la corteza terrestre tiene un espesor de 30 á 40 kilómetros, próximamente la sesenta ava parte del radio de la tierra, lo que permite compararla con la piel de una manzana relativamente á su carne.

180. Pero el aplastamiento de la tierra en los polos es lo que nos suministra la principal prueba de que

la tierra era líquida en su orígen. Las oscilaciones del péndulo, por las cuales se ha descubierto y demostrado este aplastamiento, están sometidas, en los puntos más diferentes del globo, á una regularidad tal, que obliga á concluir que la masa de la tierra está distribuida uniformemente, lo cual no ha podido verificarse sino en un cuerpo cuyas partículas materiales hayan tenido, en cierta época, bastante movilidad entre sí para ceder á la accion de la fuerza centrífuga.

Se ha encontrado por diversos métodos que la densidad de la tierra es de 5,5; pero no siendo la de las rocas que componen la corteza terrestre por término medio más que de 2,2, debe haber un núcleo de un peso específico mucho más elevado, y que se calcula en 7,7. Síguese de aquí que, en nuestro globo, la materia se halla dispuesta segun la ley de la gravedad, lo cual tampoco ha podido verificarse sino habiendo sido fluida primitivamente.

Del conjunto de hechos que acabamos de exponer y de las consecuencias que derivan de ellos, resulta incontestablemente que el globo terrestre fué al principio todo él una masa incandescente y fluida, y que hoy su núcleo interior se halla aún en ese estado de fusion ígnea. Sólo considerándolo así, es como encontramos cierta semejanza en la sucesion de las formaciones geológicas, y se puede explicar su aparicion y los caractéres que las distinguen, de una manera más satisfactoria que con cualquiera otra hipótesis.

181. Volvamos ahora á la tierra, que ha sido limitada por la envoltura ó corteza formada alrededor de ella. Preciso es admitir que esta corteza, muy débil al principio, experimentó frecuentes roturas; pero que, al fin, los fragmentos que de ellas resultaban debieron soldarse más ó ménos sólidamente entre sí, como se suel-

dan las masas de hielo arrastradas por los ríos y acumuladas en algun paraje, de modo que la tierra, en cierta época, se presentó como un globo fuertemente aplanado sin elevacion ninguna en su superficie, rodeado por completo de un mar caliente y poco profundo y de una atmósfera muy densa.

Apénas puede esperarse hallar todavía entre las rocas que hoy se nos ofrecen á la vista, restos no alterados de esta corteza primitiva. Créese que los esquistos cristalinos y el gneiss, tan difícilmente solubles y fusibles, tienen muchos títulos para ser considerados como rocas primordiales, aunque su naturaleza haya sido modificada más tarde por el contacto con otras rocas.

Es evidente que la tierra, despues de haber tenido al principio forma tan sencilla, experimentó en su superficie frecuentes revoluciones que la modificaron profundamente; pero es difícil determinar cómo y cuándo se han verificado estos cambios. Como quiera que esto fuese, lo que podemos afirmar es que ocurrieron en épocas muy anteriores á los tiempos históricos. Importa tambien notar que las revoluciones geológicas no se han producido súbitamente, ni se hallan separadas por intérvalos definidos como los actos de una representacion teatral, asemejándose más bien á la marcha progresiva de la historia de la humanidad, en cuyo primitivo desarrollo distinguimos bien ciertos períodos más ó ménos grandes, pero cuyo principio y fin no podrian referirse con certeza á tal ó cual año, ni áun apénas á un siglo cierto.

Igual error se cometeria si se creyese que estas revoluciones, por grandiosos y prodigiosos que hoy nos parezcan, sus efectos, fueron producidas por fuerzas naturales más enérgicas y poderosas que las que hoy actúan en el cuerpo envejecido de la tierra.

La física nos enseña que la fuerza es tan eterna é imperecedera como la materia. En todos tiempos la gra-

vedad, el calor, la afinidad química, la electricidad, el magnetismo; en suma, todos los diferentes modos de la fuerza, cualesquiera que sean sus nombres, han trabajado, como en nuestros dias aún, sobre la misma masa de materia. Si hallamos como efectos y productos de la actividad geológica de otro tiempo fenómenos que no vemos aparecer yá hoy, no es porque fueran de distinta naturaleza las fuerzas que los produjeron, sino porque esas fuerzas obraban en condiciones y circunstancias que nos son desconocidas, ó á lo ménos diferentes de las de nuestros dias.

Lo que sobre todo importa notar aquí es, que la accion de una fuerza, por débil que sea, aunque sea casi nula ó apénas sensible en el momento en que es observada, si continúa actuando con igualdad durante un largo período, produce al fin resultados de un poder asombroso. Un levantamiento del suelo de lentitud tal que es imperceptible, pero que obra constantemente durante miles y áun millones de años, puede haber producido las montañas más elevadas; la erosion de los valles, el depósito y la trasformacion en esquistos y arenisca del limo arrastrado por los rios, la construccion de bancos de coral y de creta por un mundo animal invisible, son tambien ejemplos de los efectos de las fuerzas geológicas de accion muy lenta, pero contínua.

Los continentes y los mares.

182. Apénas formada la primera corteza de la tierra, tuvo que luchar para sostener su existencia. Sin embargo, lo que perdia en el exterior por la accion disolvente y mecánica del agua, era sustituido en el interior por nuevas capas de materia solidificada, lo mismo que la cubierta de nieve de un estanque puede ir espesándose

por debajo. La corteza terrestre se reforzaba de este modo, pero sin que dejara de ser rasgada por nuevas roturas. Si colocamos sobre una vasija caliente un vaso de vidrio, se romperá, porque el calor producirá en la parte inferior de su fondo una dilatacion, de que no participarán las partes superiores que han quedado más frias; produciéndose la rotura por la desigual tension determinada en el cuerpo del vidrio. Pues lo mismo acontece con la corteza terrestre: por el enfriamiento progresivo de su exterior, se contrae cada vez más y acaba por romperse en distintas partes. Entónces la materia blanda ó pastosa del interior de la tierra se escapa violentamente por estas desgarraduras de su vestido, que yá le viene estrecho, miéntras que, á la inversa, estas hendiduras son invadidas por torrentes de agua, resultando una lucha grandiosa del conflicto de estas fuerzas contrarias. Siendo los fragmentos de la corteza demasiado anchos y gruesos para fundirse de nuevo, como sucedia ántes, por su contacto con la masa en fusion, la erupcion de ésta los levanta y amontona, de modo que forman sobre el nivel de las aguas un primer continente, que se presenta de trecho en trecho, como una cadena de colinas rodeadas de vasto mar.

La separacion del agua y de la tierra ha podido operarse tambien del modo siguiente: la capa exterior, ó la producida primero en la corteza terrestre por el enfriamiento, formaba una bóveda sólida, que no pudo seguir el encogimiento sucesivo de las capas inferiores sin romperse en cantos acumulados unos sobre otros; de aquí resultaron elevaciones y depresiones, análogas en cierto modo á las arrugas de la piel de una manzana que se seca, y cuya carne vá disminuyendo de volúmen; comparacion adecuada, dado que nuestras montañas actuales, consideradas en relacion con el diámetro de la tierra, apénas son más elevadas que las rugosidades de la superficie de una manzana pasada.

En ámbas hipótesis es necesario admitir igualmente, que los fragmentos de la corteza no se han reunido y soldado en todas partes de manera uniforme. Debia haber diferencias en la solidez de los cantos: en unas partes habria sitios más resistentes por la superposicion de várias cantos, miéntras que en otras no se encontrarian sino en pequeño número y arrojados como puentes sobre una grieta. Estos lugares débiles son los que, más tarde, han dado fácilmente paso á nuevas erupciones.

Las plantas y los animales.

183. El levantamiento de los continentes fué acompañado de cambios considerables en la constitucion de la antigua atmósfera de la tierrra. Hubo condensacion y precipitacion de las materias vaporosas que en ella existian abundantemente, y dejó de ser atmósfera de vapores para convertirse en otra gaseosa como la actual.

Este cambio trajo las condiciones necesarias para el desarrollo de la vida orgánica, y no tardaron en aparecer las plantas y los animales. La simplicidad de organizacion y la gran analogía de estructura que se advierte en los séres inferiores de los dos reinos, nos obliga á admitir que su orígen fué simultáneo y tuvo por cuna las aguas. Hasta qué la influencia descomponente del aire y los precipitados atmosféricos no produjeron la disgregacion de la superficie rocosa de la corteza terrestre, no se formó en la tierra firme un suelo apropósito para la existencia de las plantas y animales.

Hemos visto que, primitivamente, no aparecieron más que formas orgánicas inferiores, y que la sucesion de los períodos geológicos trajo gradualmente séres de organizacion cada vez más elevada, para acabar en la del hombre, la más perfecta de todas. Es cierto que las revolu-

ciones geológicas han producido perturbaciones profundas en el desarrollo de la vida orgánica, pero nunca la flora y la fauna de época alguna han sido destruidas por completo y reemplazadas por creaciones enteramente nuevas, nunca se ha roto el hilo que nos conduce por este camino de un período á otro. Cada uno de éstos nos muestra al ménos algunas especies que se han conservado desde los períodos anteriores, y por su parte trasmite las suyas, en número cada vez mayor, á medida que llegamos á las formaciones más recientes.

La investigacion de las causas que han determinado estos cambios en la constitucion de los séres vivos y les han dado formas cada vez más variadas y perfeccionadas, es una de las cuestiones más interesantes de la Historia natural; cuestion que ha sido debatida calorosamente en estos últimos tiempos, y que satisfaremos en cuanto nos sea posible en otra parte de este libro, cuando tratemos de la idea de especie. Baste notar aquí que las alteraciones ocurridas desde los tiempos primitivos en la temperatura y composicion química del aire y del agua, no han podido ejercer más que una accion muy secundaria en estas asombrosas variaciones de las formas orgánicas.

Sistemas geológicos.

184. Durante la larga série de los tiempos en que se han producido las formaciones geológicas enumeradas en el §. 181, la tierra ha continuado bajo la influencia de las mismas causas que habian levantado el primer continente y las montañas primitivas. El progreso del enfriamiento de la corteza terrestre ha debido traer fenómenos semejantes en los períodos subsiguientes, sólo que la corteza, por haberse hecho más gruesa, no ha tenido roturas

generales, sino solamente desgarraduras parciales, que han dado orígen á los grandes continentes, y, por via de levantamiento ó depresion del suelo, á las diversas cadenas de montañas. En tal punto han salido á la superficie los depósitos del fondo del mar, miéntras que en tal otro las rocas se han sumergido para servir más tarde de base á los sedimentos estratificados. En tanto que éstos se asemejan en todos los períodos geológicos y no se distinguen más que por el cambio en la naturaleza de los fósiles que contienen, las rocas eruptivas que los han perforado al través se presentan en cierto órden, de modo que, al principio, dominan los granitos y las sienitas; luego, los pórfidos y las meláfiras; por último, en las formaciones más recientes, los traquitos y los basaltos. Estas rocas parecen haber salido sucesivamente de focos cada vez más profundos, lo que explica las diferencias de su composicion mineral.

Vemos con esto, que las vicisitudes de la historia de la tierra han tenido por objeto y por resultado traer el globo á un estado de equilibrio. Así, miéntras el calor central se dejó sentir hasta la superficie de la tierra, reinó en ésta un clima uniforme y tropical, con una vegetacion acomodada á semejante temperatura; pero, habiendo comenzado el enfriamiento, la tierra se dividió en zonas de climas diferentes, el agua pudo solidificarse en hielo, y sucedió, por último, que el calor radiante del interior de la tierra no llegó yá á la superficie, siendo reemplazado por el calor solar. A partir de esta época, el exterior de la tierra no ha podido enfriarse más, y por consiguiente, no se ha operado yá contraccion de su masa ni disminucion de su volúmen. Este último efecto traeria consigo necesariamente un aumento en la velocidad de rotacion de la tierra; pero sabemos por observaciones astronómicas muy precisas que, en el curso de 2,000 años, la duracion del dia no ha variado la centésima parte de

un segundo, lo cual prueba que desde entónces la tierra no ha tenido en sus dimensiones cambio sensible.

Volcanes y temblores de tierra.

185. Aunque, como acabamos de ver, hace tiempo que la tierra no pierde calor por irradiacion en cantidades sensibles, pierde sin embargo alguno en las erupciones volcánicas, bien que en cantidad insignificante con relacion al tamaño de la masa terrestre. Pero la certeza que tenemos de la invariabilidad yá establecida de las dimensiones de la tierra es de fecha muy reciente, comparada con las épocas geológicas, que se calculan por centenas de millares y áun de millones de años. En efecto, hay una série de fenómenos que prueban que la corteza terrestre continúa contrayéndose en las profundidades inaccesibles á nuestras observaciones; y aunque esto suceda de un modo excesivamente lento, y haya sido imposible señalar en los tiempos históricos disminucion alguna del radio de la tierra, tenemos no obstante razones para atribuir á esta contraccion de la corteza las erupciones volcánicas y los temblores de tierra.

Claro es que el menor movimiento de contraccion que se verifica en las partes interiores de la corteza se comunica á las exteriores, y de aquí resultan correlativamente depresiones y levantamientos del suelo, que, como hemos notado, pueden afectar á continentes enteros. Al mismo tiempo, la presion ejercida por el peso de la corteza terrestre sobre las materias en fusion del interior de la tierra, mantiene á éstas en una tension que hace que se acumulen hácia el lado en que la resistencia es menor, y suban por canales antiguos ó modernos, en forma de lava, á los cráteres de los volcanes. En este

trayecto no dejan de ponerse en contacto con el agua. Una falla interior puede traer una irrupcion de aguas procedentes del mar ó de depósitos subterráneos, y de su mezcla con las materias en fusion resultará un desprendimiento enorme de vapores ó quizás una descomposicion del agua en sus gases, y por consiguiente, fuerzas explosivas de poder incomparable. Esta hipótesis explica perfectamente los fenómenos que yá hemos notado en el estudio de las erupciones volcánicas, así los truenos subterráneos como las convulsiones por golpes aislados, y la produccion de grandes masas de vapor acuoso.

Con esto vemos que los temblores de tierra están muy íntimamente relacionados con las erupciones volcánicas, y en efecto son más frecuentes en los países donde hay muchos volcanes, como en Italia, en la costa occidental de la América del Sur y en las islas de la Sonda. Todo temblor de tierra no vá necesariamente seguido de una erupcion volcánica, como se prueba por muchos ejemplos. El temblor de tierra más desastroso que registra la historia, fué el de Lisboa, en 1755. En pocos minutos la ciudad quedó destruida y perecieron 30,000 personas, extendiéndose la conmocion hasta la Laponia por una parte, y por otra, hasta la Martinica. Una ola enorme, veinte metros más alta que las más elevadas mareas, rodó súbitamente del mar á la ciudad y se retiró con la misma rapidez, arrastrando millares de cadáveres. En 1693, un terremoto arrasó en Sicilia á Catania y cuarenta y nueve ciudades, y costó la vida á 66,000 personas. El de la *Calabria*, en 1783, mató á cerca de 40,000, y diez mil perecieron en cuatro segundos cuando la destruccion de *Caracas* en 1812. Sin embargo, acontecen á menudo temblores de tierra que están léjos de producir efectos tan desastrosos y en tan grande escala. Notemos tambien, como fenómeno muy notable producido por los temblores de tierra, el levantamiento de las costas de Chile en una extension de

200 leguas, á consecuencia de los terremotos de 1822 y 1827.

186. El vivo interés que han despertado en todos tiempos los volcanes y terremotos, y la dificultad de observarlos íntimamente, han sido causa de que se hayan propuesto explicaciones muy diversas sobre su naturaleza. Nos limitaremos á mencionar que las erupciones volcánicas se han atribuido á incendios subterráneos de depósitos de hulla, ó á diferentes reacciones químicas. Segun una hipótesis nueva, la produccion de estos fenómenos dependeria principalmente de la existencia de grandes cavernas subterráneas, socavadas en la corteza terrestre por las aguas que han disuelto las partes solubles de las rocas. Se supone que de cuando en cuando se hunde el techo de una de estas cavidades, y que al caer, su movimiento se cambia en una cantidad de calor capaz de fundir los minerales y de expulsarlos en estado de lava. En cuanto á los temblores de tierra, no serian otra cosa que las conmociones causadas por estos hundimientos subterráneos de rocas. Por último, los terremotos se han atribuido tambien á la accion ejercida por el sol y la luna. A la manera que estos astros elevan el mar en las mareas, se ha admitido que atraen tambien la masa fluida del interior de la tierra, con gran fuerza, sobre todo, en la época de su conjuncion; y que esta masa, chocando fuertemente contra la corteza terrestre, produce en ella convulsiones ó terremotos. Segun esta opinion, deberian repetirse en épocas regulares; mas esto no se ha confirmado por testimonios históricos.

Plutonismo y Neptunismo.

187. La teoría segun la cual la masa interior de la tierra se halla en estado de fusion ígnea y ha concurrido á la produccion de las formaciones geológicas, se llama *plutonismo* ó teoría plutónica, y á ella se opone el *neptunismo*, ó la teoría segun la que estas formaciones son sedimentos depositados en las aguas. Los partidarios de estas dos opiniones, ó sea plutonianos y neptunianos, sólo pueden ser antagonistas irreconciliables en tanto sostengan que la corteza terrestre ha sido formada exclusivamente de una ó de la otra manera. En cuanto á nosotros, creemos, y lo hemos expuesto, que ha sido producida por el concurso de ámbas.

Segun la teoría plutónica, las rocas eruptivas resultaron de cristalizaciones que se han verificado en la materia en estado de fusion ígnea. Objétase á esto que todas estas rocas, á excepcion de la lava, han debido ser formadas por la vía húmeda, y hé aquí las razones. Cuando se practica un ensayo comparativo de las partes constituyentes del granito por medio de la llama del soplete, se halla que el cuarzo es infusible, el feldespato difícilmente fusible, y la mica muy fusible. Ahora bien, si el granito tuvo su orígen en una pasta incandescente, debieron separarse cristales de cuarzo primero, luégo de feldespato y, por último, de mica; pero, en realidad, se descubre que los cristales de feldespato se formaron ántes de la solidificacion del cuarzo, porque su desarrollo jamás ha sido dificultado por cristales de cuarzo yá

existentes, ocurriendo precisamente lo contrario. Hállase tambien que el peso específico de los elementos del cuarzo, no es idéntico al que presentan estos mismos minerales despues que han sido fundidos al fuego. Se ha comprobado, por último, que no sólo el granito, sino otras rocas eruptivas tambien, contienen siempre vestigios de agua, y en sus cavidades se hallan muchas veces cristales de minerales: por ejemplo, de esferosiderita, de espato calcáreo y de zeolita en los basaltos, que se descomponen bajo alta temperatura, por lo que no pudieron ser formados en una masa en fusion ígnea.

Á estas reflexiones replican los plutonianos que, en las mezclas de diferentes compuestos químicos, la solidificacion de éstos se verifica más pronto ó más tarde que cuando están aislados, dependiendo el momento de las proporciones de la mezcla; en cuanto á las variaciones del peso específico, dicen que puede volver con el tiempo á su punto normal. Tambien reconocen que el agua ha tenido parte esencial en la formacion de las rocas eruptivas, pero sólo en estado de vapor y bajo alta presion. Es necesario admitir, en general, que la mayor parte de los minerales se han producido en condiciones muy particulares, que en parte desconocemos ó no podemos reproducir; porque, en efecto, no hemos llegado á obtener por la vía húmeda, es decir, por cristalizacion en soluciones acuosas, cristales de cuarzo, feldespato, mica, etc., los cuales tampoco ha sido posible formar por la vía ígnea, ó por medio de altas temperaturas.

Ninguna de las teorías geológicas que acabamos de exponer, está libre de objeciones más ó ménos graves, y debemos, provisionalmente, adherirnos con preferencia á la que se apoye en el mayor número de razones buenas y sólidas.

188. Si volvemos la vista atrás, á todo lo que acabamos de exponer con el nombre general de *Mineralogía*, veremos que, habiendo partido de cosas pequeñas y simples, hemos llegado con sorpresa á los fenómenos más grandiosos y complicados.

La Orictognosia nos enseña que los minerales más simples son combinaciones químicas naturales que, atendida su composicion y forma cristalina bien determinadas, deben propiamente ser estudiadas en Química. Sin embargo, estos pequeños cristales no se presentan sólo aisladamente, sino reunidos tambien en gran número y formando masas coherentes. Igualmente es comun encontrar minerales cristalizados, íntimamente mezclados en masas más ó ménos grandes, pero cuyas formas cristalinas están las más veces alteradas diversamente, á consecuencia de la fusion completa ó parcial, de disolucion, frotamiento, mezcla con otro mineral, etc. Así, por el estudio de estas rocas mezcladas, la *Geognosia* nos lleva á considerar las masas minerales más poderosas en su arreglo y sucesion, miéntras que la *Geología* trata de explicar y demostrar el orígen de la tierra y las múltiples transformaciones que ha tenido en su corteza.

189. La tan diversa utilidad que tienen los objetos que acabamos de estudiar, ha debido llamar la atencion del lector en la descripcion que hemos hecho de gran número de cuerpos minerales de uso muy importante.

Por una parte, la Mineralogía nos enseña á conocer tales como se presentan en la naturaleza los minerales más importantes, como el espato pesado, la estroncianita, la sal gemma, el carbon y las numerosas combinaciones metálicas; por otra, nos indica tambien las circunstancias que anuncian la presencia en la tierra de los minerales útiles.

Tambien el mineralogista se halla, mejor que otro, en aptitud de juzgar sobre la cualidad de las diferentes especies de suelos que resultan de la desagregacion de las rocas; por esto las capas arables, cuyo conocimiento exacto es de primera necesidad en Agronomía, han sido objeto de un estudio científico fundado en la Mineralogía.

Tambien la Geognosia se halla en relacion importantísima con una de las necesidades más indispensables de la vida humana, á saber, con el agua. Hemos indicado en el parágrafo 86 de la *Física*, que este líquido, en su tendencia constante á poner sus partículas en la posicion horizontal de equilibrio, brota muchas veces de fuentes, en aquellos lugares por donde le es posible abrirse camino. Pero la experiencia nos ha enseñado que podemos en este particular auxiliar al agua, que podemos señalarle caminos determinados en una region dada; en una palabra, que podemos perforar fuentes artificiales.

De los pozos artesianos.

190. La posibilidad de establecer lo que se conoce con el nombre de pozos *artesianos* (del condado de Artois, donde se hicieron los primeros ensayos), depende de ciertas disposiciones de las capas del terreno, que pueden determinarse con bastante exactitud; por consecuencia, el que posée conocimientos en Geognosia está en el caso de juzgar si, en una region determinada, es posible la abertura de una fuente artesiana, ú ofrece por lo ménos algunas esperanzas de éxito.

Así será cuando se reunan las condiciones siguientes:

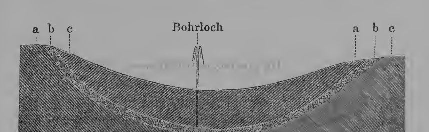
1.ª Que por un punto más alto que aquél donde se intenta perforar, penetre el agua en la tierra;

2.ª Que esta agua encuentre comunicaciones subterráneas con el lugar donde se perfora;

3.ª Que ni en el sitio de la perforacion, ni debajo de él, el agua tenga salida natural ni artificial por donde puede derramarse en cantidad igual á la que penetre por arriba.

Estas tres condiciones generales pueden coexistir de diferentes maneras. Por lo comun, se encuentran en medio de terrenos estratificados, donde están determinadas por la posicion particular y la diferente naturaleza mineral de las capas. Porque cuando una capa permeable, por ejemplo, la capa arenosa *b* (fig. 160) se encuentra con direccion un poco inclinada entre dos capas

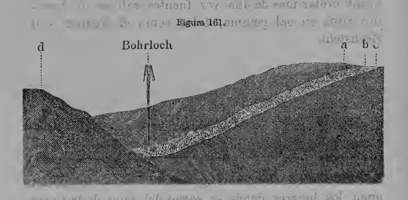
Figura 160.



impermeables, sean de arcilla ó de marga, *a* y *c*, el agua que penetra por las superficies de la primera *bb* debe llenar á ésta en su nivel más profundo, con tal de que no encuentre sino poca ó ninguna salida, sea á consecuencia de la disposicion del estrato en bóveda inversa como la figura 160, sea porque el término inferior de la capa esté

apoyado contra una roca compacta ó maciza, como en la figura 161 (donde *a* y *c* son las capas impermeables, *b* la permeable, y *d* la roca compacta); y esta agua deberá, en este punto, tener la tension necesaria para el establecimiento de un pozo artesiano, faltando sólo atravesar la capa superior, para obtener un surtidor expontáneo de agua de fuente.

Figura 161.



Por medio de fallas ó hendiduras, condiciones semejantes ó iguales pueden existir tambien en las rocas macizas; pero esto es más raro, é imposible determinarlo de antemano. Así, miéntras que es posible, en los terrenos estratificados, predecir con bastante seguridad el resultado de la perforacion de un pozo artesiano, el éxito será, por el contrario, casual y ofrecerá en general pocas probabilidades, en las regiones donde dominen los esquistos y rocas macizas.

Cuando los pozos artesianos provienen de grandes profundidades, el agua tiene temperatura elevada; así, el pozo de *Grenelle*, cerca de Paris, que tiene 548 metros de profundidad, mana agua caliente de 28 grados, y el de *Neuffen*, en el Wurtemberg, que tiene 385 metros, la su-

ministra hasta de temperatura de 38°7. Puede esperarse, en vista de esto, que llegará dia en que se utilicen en la superficie de la tierra, para los servicios de calefaccion, las inmensas provisiones de calor que tenemos bajo nuestros piés.

Si los sedimentos de donde trae su orígen una fuente artesiana contienen minerales solubles, el agua será *mineral*. Por pozos artesianos, especialmente, es como se han hecho brotar más de una vez fuentes salinas de terrenos ricos en sal gemma, tales como el Keuper ó el Zechstein.

Las minas.

191. Con el nombre general de *minas* se distinguen los lugares donde se sacan del seno de la tierra sustancias metálicas ó minerales, piedras de construccion y combustibles minerales. La explotacion de las minas es una industria de la mayor importancia para todos los paises, dado que les suministra la mayor parte de las materias primeras que elaboran las otras industrias.

En Francia sólo se explotan, en grande escala, el mineral de hierro y el carbon de piedra; los demás minerales útiles, excepto la sal comun, escasean y no dan lugar sino á explotaciones poco considerables. La mayor parte de la sal consumida en Francia y en otras partes, se extrae de los pantanos salados de las orillas del mar; el resto proviene del interior de los continentes, de las minas de sal gemma y de las fuentes saladas.

Sabemos que las materias minerales no se encuentran indiferentemente en los diversos terrenos que hemos

aprendido á conocer. Cuando se busca un mineral cuya explotacion sea ventajosa, importa ante todo estudiar cuidadosamente los caractéres geológicos y la naturaleza de las rocas de que se compone.

Las sustancias explotadas en las minas se encuentran en *capas*, en *filones* y en depósitos.

Las que se presentan generalmente en capas son: los combustibles minerales, los materiales de construccion, la sal gemma, el yeso, el hierro carbonatado, el hierro en granos, el mineral de cobre esquistoso y, alguna vez, la galena y el mercurio sulfurado. Estos yacimientos suelen tener mucha extension horizontal, y están en general dispuestos de la misma manera que las capas de terreno entre las que se hallan intercalados, y, como en éstas, se observa en ellos la *direccion* y la *inclinacion*. El depósito estratificado que limita superiormente la capa mineral explotada, se llama *techo*, y el otro sobre el cual descansa, lleva el nombre de *muro;* en cuanto á su espesor ó *potencia*, está determinada por la distancia de los dos planos entre los que se halla comprendida. Amenudo, la capa mineral, en vez de prolongarse en una misma direccion, horizontal ó inclinada, se presenta más ó ménos contorneada, plegada ó replegada en zig-zac, encontrándose este último caso en las hulleras de Bélgica y del norte de Francia. Á veces el redondeamiento de la capa ha producido roturas transversales, á consecuencia de las que se ha dividido en muchas secciones, que de ordinario se encuentran colocadas en diferentes niveles. Estos desarreglos resultan de un resbalamiento que se ha verificado sobre el plano de la rotura, y que ha hundido ó elevado uno de los dos fragmentos. Estas roturas se han designado con el nombre de *fallas*, de una palabra alemana que significa *caida* ó *hundimiento*.

Los minerales metálicos ordinarios se presentan generalmente en filones: tal sucede con la mayor parte de

los de hierro, de cobre, estaño, zinc, plomo, níquel, antimonio, etc. Los filones metalíferos podemos considerarlos como fallas ó fisuras, que han sido rellenadas de materias metálicas por una inyeccion hecha de abajo arriba ó del interior al exterior, y por esto son más frecuentes y ricas en las formaciones antiguas y en las rocas eruptivas. La materia contenida en los filones está comprendida entre dos planos casi paralelos, el techo y el muro, que cortan segun ángulos diversos la estratificacion de los terrenos en que se encuentran; muchas veces tambien, como á las capas explotadas de las minas, se tropieza con el inconveniente de encontrarlos en fragmentos más ó ménos dislocados. Las rocas que encajonan el filon se llaman *respaldos*, y en la materia mineral que las constituye, se distingue la parte metálica ó *minerál*, y la parte no metálica y pedregosa ó *ganga*, la cual envuelve la primera y forma á menudo la masa principal del depósito.

Los depósitos metalíferos consisten generalmente en una acumulacion de pequeños filones dirigidos en todos sentidos, ó en una impregnacion de materia metálica, abundante, en una roca de orígen ígneo. De esta clase son los yacimientos que nos suministran minerales de estaño, zinc, cobre piritoso, hierro magnético, etc.

192. La explotacion de las minas es al *aire libre* ó *subterránea*, y los procedimientos varian segun la manera de yacer las sustancias explotadas.

En las minas al *aire libre* se explotan las materias que están en capas ó amontonadas á poca profundidad bajo la superficie del suelo. Tales son las canteras de donde se extraen las piedras de construccion, el mármol, las pizarras, las arenas y gravas, etc., y las *mineras* abiertas en terrenos, yá de aluvion, yá más antiguos, que suministran ciertos minerales de hierro, zinc, estaño, etc. La

turba siempre se explota al aire libre, así como la mayor parte de los lignitos y algunos depósitos de hulla.

La mayor parte de las minas son subterráneas, y su explotacion no puede hacerse sino á costa de trabajos muy dispendiosos. Hay que penetrar en el seno rocoso de la tierra, para buscar y explotar los filones metalíferos y las capas minerales, que están inclinadas ó situadas á gran profundidad. Se llega al yacimiento por *pozos* verticales ó inclinados (fig. 162), y se explota por *galerías* horizontales para dividirlo en pequeñas secciones más fáciles de cortar, y para establecer en la mina las vías y máquinas de extraccion y de acarreo, de ventilacion, de agotamiento, etc.

La buena ventilacion es para las minas una necesidad de primer órden, pero es tambien uno de los servicios más difíciles de establecer. Siendo impropio el aire estancado en el fondo de las minas para la respiracion de los obreros y la combustion de sus lámparas, es preciso reemplazarlo por aire fresco traido del exterior, y al efecto se emplean diversos sistemas de ventilacion. Todo el mundo sabe que en las profundidades de las minas de hulla, se corre á todas horas el peligro de hallarse en presencia de un gas inflamable, el *grisú*, ó hidrógeno carbonado, que se mezcla con el aire, y cuya detonacion produce los más desastrosos efectos; sabido es tambien que es fácil prevenir estas terribles explosiones, valiéndose de las lámparas de seguridad llamadas de *Davy* (fig. 163), á condicion sin embargo de que los mineros se sirvan de ellas convenientemente, lo cual por desgracia no sucede en todas partes por la falta de hábito.

Las galerías de las minas están casi siempre expuestas á infiltraciones de agua, la cual con frecuencia es tan abundante, que la cantidad que es necesario sacar iguala ó excede al peso de las materias útiles extraidas de la profundidad. Para el agotamiento se emplean, como

para la ventilacion, máquinas poderosas, sistemas de bombas dispuestos de un modo especial.

El oficio del minero es triste y penoso, y excepto el del marino, el más peligroso de todos. Minas hay en que de mil obreros perecen anualmente la sétima parte

Figura 162.



por término medio, y cerca de doscientos sufren lesiones más ó ménos graves. Explotaciones podriamos citar, donde de 250 mineros hay de 12 á 16 víctimas anuales. Ora poderosa vena de agua brota de súbito de lo profundo ó de las paredes laterales; ora el *grisú* se inflama

y produce una explosion; ora gases asfixiantes, como el ácido carbónico, comprometen la vida del desdichado minero. Otras veces se desploman las obras de sosten, ó por falta de cuidado, ó por conmociones del suelo, y los obreros quedan enterrados vivos. Este terrible accidente acontece comunmente en las minas de las partes de la América meridional en que los temblores de tierra son tan frecuentes.

Figura 163.



Lo extraño de esta vida subterránea y los peligros de que está constantemente amenazada, engendraron en el espíritu de los mineros de los tiempos pasados muchas supersticiones y creaciones fantásticas. Creíanse expuestos á la malevolencia de séres sobrenaturales, de enanos y demonios envidiosos, que habitaban en las profundidades de la tierra para guardar los minerales y los

ocultos tesoros, y que, para sustraerlos á la codicia de los hombres, procuraban estorbar por toda clase de medios los trabajos del minero y hacerle daño. En cambio, reconocian tambien hadas amigas y genios benéficos, que estaban allí para asistirles y acudir en su auxilio.

Mas hoy el minero, prudente y experimentado, sabe distinguir bien la supersticion de la realidad. Los progresos de la ciencia, á la vez que le han enseñado los peligros á que está expuesto, le han suministrado los medios de evitarlos contando con su discrecion y cordura.



NOTAS

A

En algunos pueblos de Sierra Nevada y otros de Andalucía, se llama *canchales* ó *lanchares* á hileras de piedras formando semi-círculos ó montones alargados, producto, muchos de ellos, de aludes ó avalanchas desprendidos de montañas donde han existido neveras. Los suizos los denominan *moraines*, que para nosotros equivale á canchales.

B

Entre los grandes fenómenos que la naturaleza presenta en la marcha regular de nuestro globo, acaso ninguno hiere más vivamente la imaginacion de los pueblos que esas sacudidas ó conmociones del suelo, que se conocen con el nombre de terremotos.

La especie humana, tan impresionable en esos momentos de trastorno, como olvidadiza despues que pasaron, no los recordaria fácilmente si no dejasen en pos de sí, algunas veces, señales imperecederas de grandes calamidades.

Por eso la historia no menciona las leves oscilaciones del suelo tan frecuentes en muchas regiones; pero consigna otras violentas que nunca podrán borrarse de sus páginas.

De los temblores de tierra hablan Aristóteles y Séneca; y en los escritos de autores antiguos se conservan extensos detalles de los estragos que en diferentes épocas experimentaron los pueblos.

Pero desde que las ciencias físicas y naturales en su progresivo desarrollo, han podido concretar su estudio á este fenómeno particular, se ha consignado auténticamente su repeticion en várias comarcas, y las fechas, duracion y demás circunstancias que los acompañaron.

Hay una obra escrita en 1841 por un sabio aleman, de Hoff, en que se expresan todos los terremotos y erupciones volcánicas que desde los tiempos históricos hasta el año de 1832 han tenido lugar en la superficie del globo.

En várias memorias dirijidas á las academias de ciencias de Bruselas y París, Perrey enumera más de 1,300 temblores de tierra, experimentados en Europa desde el siglo IV de nuestra Era hasta el año de 1843. No se incluyen en este número 76 terremotos, más duraderos y desastrosos, que el autor describe separadamente. En los últimos cuarenta y dos años resulta, comparando las estaciones en que se han verificado, 291 en invierno, 169 en primavera, 224 en verano y 230 en otoño.

El autor citado y otros que tratan del mismo asunto, callan la parte que á nuestra patria ha cabido en estos sacudimientos, y sin embargo, bien puede afirmarse que, despues de Italia, ha sido la península Ibérica la más

frecuentemente conmovida: Francia, Alemania y Austria, por el órden que se expresan, vienen despues. La cadena del Oural no presenta los accidentes geológicos que los Alpes y los Pirineos, y por esto los temblores de tierra son casi desconocidos en Rusia.

Los datos curiosísimos que Perrey suministra para exclarecer la historia de los fenómenos que nos ocupan, serian doblemente interesantes si en ellos se indicaran la extension y límites de las sacudidas, y la extructura de los terrenos donde aquellas se verificaron. Convendria mucho hacer este trabajo en lo sucesivo, para poder apreciar el grado de resistencia de las rocas que forman las diferentes capas del suelo, bajo el cual obra la causa conmovente.

Sabemos que en el gran temblor de tierra que casi destruyó á Lisboa en 1755, los edificios fundados sobre las rocas basálticas y de calizas hipuríticas, resistieron más tenazmente á las oscilaciones del suelo que los construidos sobre margas arcillosas y aluviones de arena, los cuales apénas opusieron obstáculo á las sacudidas.

Acontecimiento análogo se observó en el terremoto de la Jamaica de 1692: la ciudad de Port-Royal, edificada sobre arenas, fué destruida, y el castillo situado en una roca caliza, bastante dura, permaneció en pié.

Resulta de estos ejemplos que los terrenos compuestos de rocas coherentes, más ó ménos duras, resisten por su tenacidad á las causas interiores que tienden á desagregarlos, miéntras que los formados de rocas movedizas, fragmentarias, son dislocados con más frecuencia por el menor obstáculo que oponen á las mismas fuerzas.

Debe advertirse tambien que ciertos terrenos dotados de mucha elasticidad y flexibles, por lo tanto, á las vibraciones, no trasmiten éstas á la superficie sino débilmente, amortiguando el impulso, que de otro modo ocasionaria graves accidentes. Así el gran terremoto de 1755,

tan sentido en Sevilla y Cádiz, destruyó sin embargo muy pocos edificios, porque la gruesa capa de arcilla plástica, sobre la cual están situadas estas dos ciudades, amortiguó por su elasticidad la fuerza enérgica que le diera impulso. Recientemente hemos observado lo mismo en el temblor del 11 de Noviembre de 1858. Si al movimiento vertical se hubiera opuesto una roca ménos elástica que la arcilla, las consecuencias habrian sido funestas: en Cádiz apénas fué sensible el movimiento.

Si pudiéramos averiguar el punto de partida de la conmocion, ó aquel bajo el cual obra la causa productora, se podria explicar su mayor ó menor energía en el trayecto de la curva que recorriera. Pero lo que únicamente sabemos con certeza, es la direccion de las oscilaciones, y aún muchas veces se ignoran los límites hasta donde llegan. El reloj indica con exactitud el primer momento de la oscilacion; en Sevilla he visto muchos de péndola parados á la misma hora en el terremoto citado: con muy pocas variaciones, señalaban las 7 y 38 minutos de la mañana.

Habiendo ocurrido este suceso hace 22 años, voy á indicar algunas de sus particularidades. Su duracion fué de 16 segundos, á juzgar por los pocos estragos que causó apesar de su intensidad: en ese momento fatal el ánimo no está bastante sereno para apreciar el tiempo: la angustia es cruel, y ella explica por qué muchos aseguran que se prolongó un minuto. Desgraciados de nosotros si hubiese sido tan largo el período como la imaginacion lo pinta!

Todos convienen en que hubo dos oscilaciones horizontales, precedidas de una vertical ó de trepidacion: se sintieron ruidos subterráneos, semejantes á los que producirian diligencias ó carruajes que pasaran por las inmediaciones.

El movimiento de trepidacion fué muy enérgico en

algunos puntos: en una casa de campo de las inmediaciones de Zafra, los ladrillos del pavimento se levantaron como si una fuerza inferior los empujase.

La oscilacion se verificó de O. á E., y aunque por los periódicos supimos que se sintió vivamente en Lisboa y Madrid, no hay detalles bastantes para precisar la anchura y longitud de la línea que recorriera.

Un sabio geólogo, Archiac, niegà que las circunstancias atmosféricas tengan influencia en la produccion de los temblores de tierra; mas sin oponerme á lo que, segun la idea del mismo autor, *repugná al espíritu*, debo consignar que, bajo la presion de una atmósfera sobrecargada de vapores acuosos y apénas movida de ligeras ráfagas del SE., se verificaron en (Sevilla, Enero de 1856 y Noviembre de 1858,) dos temblores de tierra, seguidos de grandes lluvias, que desbordaron el Guadalquivir y produjeron inundaciones en la ciudad y pueblos comarcanos.

No por esto deduzco que el aire reinante, ni las circunstancias atmosféricas, tan iguales en ámbos casos, fueren las que determináran el fenómeno. Los hechos demuestran que con vientos del N. ó del E., secos, y en dias serenos de perfecta calma, han tenido lugar los mismos accidentes: por mi parte puedo sólo asegurar que la quietud completa de la atmósfera, y un estado particular, indefinible de ella, han precedido siempre á las grandes conmociones: y las personas nerviosas o excesivamente sensibles y delicadas, experimentan mucho ántes de percibir el movimiento una compresion angustiosa, un malestar inexplicable, que parece ligarse con el desquilibrio de la naturaleza.

Los animales tambien se agitan como si los moviera un resorte ó un impulso superior á su voluntad, y buscan en vano la manera de conjurarlo.

Consigno estos antecedentes por si la ciencia los explica de una manera satisfactoria por la electricidad. Hay

dos cuestiones que deben ser objeto del estudio de los físicos y geólogos, y que me pregunto á mí mismo sin poder resolverlas. ¿Será el fluido eléctrico atmosférico en desquilibrio con el terrestre, la causa de los terremotos? ¿Seria posible que la luna, en algunas de sus fases, ejerciera su accion sobre nuestro globo hasta el punto de dar orígen á los temblores de tierra? Quiero consignar aquí estas ideas, que me han preocupado alguna vez, y que acaso algun dia se diluciden convenientemente.

La causa productora de los temblores de tierra no está aún bien conocida: voy á indicar las teorías más generalmente admitidas por los sabios. Creen algunos que las erupciones volcánicas determinan los movimientos del suelo, en mayor ó menor extension de superficie.

Todos sabemos que los volcanes, adormecidos por decirlo así, ó en estado de reposo, se reaniman de repente, como si la adicion de nuevos combustibles viniese á dar pábulo á su combustion interna. Entónces los terrenos inmediatos sufren sacudidas violentas que se propagan á grandes distancias del lugar donde aquel está situado, y que los naturalistas explican muy bien, atribuyendo este fenómeno á la mayor cantidad de materiales del centro de la tierra atraidos y arrojados fuera, en un estado candente, por la boca del volcan ó cráter, como consecuencia del intenso calor y poderosa fusion á que se hallan sometidos. Los gases que resultan de este fuego enérgico, bastan para conmover los terrenos inmediatos.

Y no sólo pueden producirse oscilaciones en el suelo más ó ménos próximo á los volcanes, sino que terribles terremotos son la consecuencia de este aumento de actividad volcánica, y su resultado la destruccion de ciudades populosas, el hundimiento de lagos ó depósitos de agua, y su aparicion en otro punto distante, ó la salida de este líquido por el cráter del volcan que lo absorbió por comunicaciones subterráneas, destruyendo los mate-

riales que estaban interpuestos. La historia consigna que el volcan de Popadayang, en la isla de Java, se desplomó repentinamente en 1772, y más de 40 pueblos construidos en sus alrededores desaparecieron, siendo reemplazados por un vasto lago de algunas leguas de diámetro. «La alta columna, dice Humboldt, que el volcan de Pasto, al E. de la Guaytara, vomitó durante tres meses, 1797, desapareció en el instante mismo en que, á una distancia de 60 leguas, el gran temblor de tierra de Rio Bamba y la erupcion fangosa de la *Moya* (1) hicieron perder la vida á 40,000 individuos. La aparicion repentina de la isla Sabrina al E. de las Azores, el 30 de Enero de 1811, fué el anuncio de espantosos temblores de tierra que, mucho más lejos al O., y desde el mes de Mayo del mismo año, conmovió, casi sin interrupcion, las Antillas primero, y consecutivamente las llanuras del Ohio, del Missisipí y las costas de Venezuela, situadas en el lado opuesto. Un mes despues de la destruccion total de la villa de Caracas, sucedió la explosion del volcan de S. Vicente, isla de las pequeñas Antillas, separado 130 leguas del lugar donde está fundada aquella ciudad.»

Yo he habitado durante tres meses en la capital de San Salvador, uno de los estados que constituyen la república de centro América, ciudad distante cuatro leguas del volcan de Isalco, pequeño pueblo á dos leguas del mar del Sur, y los temblores de tierra eran tan frecuentes que apenas se pasaba dia sin experimentar alguna sacudida. Los indios llamaban á aquella cuenca el valle de las hamacas. Hace pocos años que la expresada ciudad ha sido casi destruida por un temblor.

De lo dicho se infiere que los fenómenos volcánicos

(1) Moya, llaman en América á una sustancia carbonosa arrojada por los volcanes, de que los pueblos se sirven como combustible.

y los terremotos están íntimamente ligados. Pero no es esta la opinion de los geólogos: oigamos la de Boussingault, contraria á lo expuesto: —«Los temblores de tierra (dice) más memorables de América, aquellos que han arruinado las poblaciones de Lacatunga, Rio Bamba, Barquisimeto, Honda, la Guayra, etc., y en los que han perecido más de 100,000 personas, *no han coincidido con ninguna erupcion volcánica bien comprobada.* En los Andes, agrega este naturalista, el movimiento del suelo debido á una erupcion volcánica es local por decirlo así, miéntras que un temblor de tierra que, en la apariencia por lo ménos, no está ligado á ninguna accion volcánica, se propaga á distancias increibles; en este caso se ha notado que las sacudidas siguen con preferencia la direccion de las cadenas de las montañas. El temblor que destruyó á Caracas, en 1812, ejerció su influencia en direccion de la cordillera oriental de los Andes, echando abajo como castillos de naipes todas las ciudades situadas en su trayecto.»

Otro ejemplo puedo citar en apoyo de esta última opinion. En Enero de 1835, se verificó en el estado de Nicaragua la explosion del volcan de Cosigüina, pequeña montaña inmediata á la isla del Tigre, en la bahía de Conchagua, puerto del mar Pacífico. El ruido subterráneo se propagó á muchas leguas de distancia: del Estado de Guatemala salieron tropas a reconocer las inmediaciones, creyendo fuese una invasion del ejército del Salvador con quien estaban en guerra, y atribuyendo á descargas de artillería el fenómeno que tenía lugar á más de 200 leguas. La columna de humo y cenizas se elevó á una altura inmensa, y al descender esparcíanse en la atmósfera, privando á los pueblos inmediatos por algunos dias de la luz del sol, envolviéndolos en densas tinieblas, cubriendo el suelo, en grande extension, con dos piés de ceniza, quemando con el contacto de ellas las plantas que servian de

pasto á los animales, produciendo la muerte de éstos, y otra multitud de calamidades de que conservan aún memoria los habitantes de aquel país. No solamente el ruido se propagó, como hemos ya indicado, á más de 200 leguas de distancia, sino que las cenizas llegaron hasta Méjico, 500 leguas distante. Y sin embargo, el movimiento del suelo no se sintió más de 10 ó 12 leguas en contorno, ni produjo los accidentes que debian esperarse de la intensidad de la erupcion.

Se deduce, pues, de lo expuesto, que no en todas ocasiones los volcanes son la causa productora de los terremotos.

Es indudable que los que están en actividad durante muchos siglos, acaban por minar, fundiendo los materiales, los terrenos próximos, y el suelo hueco, falto de apoyo en algunos puntos, produce el hundimiento de diversas porciones que, al dislocarse, destruyen las poblaciones que por desgracia se encuentran colocadas en ellas. Así he observado yo mismo en las inmediaciones de la ciudad de San Salvador, ruidos subterráneos que coincidian con las variaciones atmosféricas, y mayor incremento en la actividad del volcan de Isalco. Áun en épocas bonancibles, el paso de los caballos producia una especie de resonancia, semejante al ruido que resulta cuando pasamos sobre una caverna, un sótano ó cualquier sitio hueco.

Todo este territorio, conocido con el nombre de Malpais, conserva señales positivas y vestigios ciertos de la existencia y estragos de numerosos volcanes. Inmediato al pueblo de San Salvador, hay uno, llamado el volcan de Agua, cuyo inmenso cráter estaba lleno de este líquido. Desde que abandoné este país en 1841, la ciudad ha sufrido grandes alteraciones, y recientemente, en Diciembre y Enero próximo pasado (1879 y 1880), han tenido lugar los fenómenos siguientes:

En 1.° de Diciembre de 1879, empezaron á sentirse temblores de tierra en la ciudad de San Salvador, capital del estado de este nombre, en la América central. Á principios de Enero casi habian desaparecido los temblores, pero se presentó un fenómeno más importante. Á tres leguas de la capital habia una laguna llamada de Ilopango, de cuatro leguas de largo por dos y media de anchura, formada en el cráter de un volcan prehistórico y cuyas aguas contenian gases sulfúreos y bituminosos: durante las lluvias (torrentiales en este país) la laguna desaguaba por un canal estrecho en el riachuelo Jiboa, que comunica con el mar Pacífico.

El dia 12 de Enero del corriente año, se notó que la laguna crecía extraordinariamente, agitándose sus aguas en violenta ebullicion, con grandes ruidos subterráneos, truenos terribles y desprendimiento de gases fétidos. El estrecho canal, poco profundo, que unia la laguna al Jiboa, se agrandó hasta doscientos metros de ancho y treinta de profundidad, y las aguas, elevadas al principio veinte metros sobre su nivel, se desbordaron arrollando cuanto encontraron al paso, ocultas por espesa columna de humo y gases tan fuertes, que su fetidez se percibió á cuarenta leguas de distancia produciendo muchas enfermedades.

El resultado ha sido la formacion de un nuevo volcan en el cráter antiguo y la desaparicion de la laguna, cuyo hueco se ha rellenado con los materiales sólidos levantados del suelo, quedando en el centro una comunicacion con el foco interno, orígen de la erupcion.

Es digno de notarse el fenómeno que Perrey y otros naturalistas han observado muchas veces, de sentirse sacudidas violentas en el interior de minas profundas, miéntras que en la superficie del suelo apénas eran perceptibles; y otras, por el contrario, experimentarse vibraciones en el exterior y pasar desapercibidas de los que

estaban en el interior á gran profundidad. Á principios de este siglo, los trabajadores de la mina de Mariemberg, en Sajonia, subieron despavoridos, huyendo de violentas sacudidas que nadie había sentido exteriormente. Fenómeno contrario tuvo lugar en 1823 en las de Talem y Pesberg: los mineros permanecieron tranquilos en el seno de la tierra, miéntras que sus parientes y amigos, que habitaban el pueblo, los creian víctimas de la violenta oscilacion que sintieron.

En el temblor de tierra experimentado en Sevilla en 1853, hubo en la provincia de Huelva un caso semejante que debo consignar. Las personas que estaban en el interior de las minas del Tharsis, sintieron de una manera terrible la conmocion, que en los pueblos inmediatos fué mucho ménos enérgica.

La causa de los temblores de tierra reside en las profundidades del globo, y sus efectos son tanto ménos sensibles cuanto más distante está el punto donde obra; varía segun la naturaleza de las rocas que componen el terreno donde se verifican, y está relacionada con fenómenos meteorológicos y eléctricos, que no pueden explicarse de una manera concluyente.

Los volcanes y terremotos tienen un mismo orígen: *el calor central*. Los físicos y naturalistas saben muy bien, por observaciones nunca desmentidas, que á medida que se penetra perpendicularmente en el interior de nuestro globo, y despues de pasar el límite conocido con el nombre de *temperatura de los subterráneos* ó sótanos, (que es siempre igual) el calor aumenta en progresion ascendente, elevándose, por cada 30 metros de profundidad, un grado el termómetro centígrado.

Los pozos artesianos, las fuentes termales y los trabajos en las minas, lo comprueban suficientemente; y no hay motivo para creer que, más allá de las investigaciones actuales, se encuentre un fenómeno inverso.

Esto supuesto, en el seno de la tierra hay una masa en fusion, que tiende constantemente á irradiar su calor ó á equilibrarse con la envoltura sólida con quien está en contacto: los gases que resultan, tendiendo por su naturaleza expansiva á escaparse y salir al exterior, producen, segun su temperatura, multitud de acciones y reacciones sobre las rocas y minerales, causa bastante para los movimientos; empujan la corteza del globo, y si encuentran al paso una salida exterior, ó si son bastante enérgicos para producirla, se precipitan por las aberturas ó cráteres, arrastrando en su trayecto las materias líquidas ó sólidas que se les oponen, y dando orígen, en su consecuencia, á violentas convulsiones del suelo.

Por otra parte, la corteza sólida, falta de apoyo, se contrae, con más ó ménos energía, sobre la porcion líquida, produciendo, segun la flexibilidad y extension de su arco, esas sacudidas ú oscilaciones que se conocen con el nombre de terremotos.

De este modo se explican las relaciones de los volcanes con los temblores de tierra, y esta hipótesis anunciada tan ligeramente como lo permite una nota, explica por qué grandes erupciones volcánicas coinciden con convulsiones del suelo.

Bousingault, creyendo que los terremotos no tienen relacion alguna con los fenómenos volcánicos, segun expuse anteriormente, les asigna otras causas conforme á la manera particular con que los considera. Encuentra la causa de los temblores por los rellenamientos de los espacios vacíos del interior del globo. Segun él, el terreno traquítico de las montañas, al ser levantado por el calor central, no pudiendo por su rígida solidez prestarse á un cambio de forma, se rompe en fragmentos desiguales y angulosos, los cuales dejan entre sí espacios vacíos donde se interponen multitud de gases; y cuando éstos se desprenden, las cavidades ó huecos se rellenan juntándose

los fragmentos, de la misma manera que lo hace el hombre mecánicamente, cuando quiere igualar los cimientos de un terreno sobre el cual vá á construir un edificio.

Esta explicacion, tan ingeniosa, es digna de ser estudiada en los detalles que, para darla á conocer y comprobar, refiere el mismo autor.

Pondremos fin á esta nota con la hipótesis de Orioli, que tiene numerosos partidarios:

«Los fenómenos volcánicos y los terremotos, dice, son producidos por reacciones químicas en el interior del globo; los metales, en su estado de pureza, se ponen en contacto con el agua ó con el aire en el seno de la tierra; inmediatamente se produce una accion química, en virtud de la cual se descompone el agua: su oxígeno se une al cuerpo simple para producir un óxido:» de esta combinacion resulta un desprendimiento de calor, de gases y vapores, los cuales, por consecuencia, producen los mismos resultados que he indicado yá anteriormente.

C

Aunque los geólogos y mineralogistas limitan estos fenómenos á América y Sicilia, tambien existen en la provincia de Sevilla, distrito de Moron, *zalzas* ó montecillos arcillosos, semejantes por su forma cónica á un pequeño volcan, por cuyo ápice ó cráter son arrojadas á intérvalos materias fangosas, agua y gases diversos, como el hidrógeno sulfurado, carburo de hidrógeno, y cloruro de sodio en disolucion.

Estas pequeñas fuentes saladas son muy numerosas al pié de la cuesta de Gatos, en un estrecho valle transversal, á 15 kilómetros de Moron, en el camino que vá

de Montellano á Coripe, en la direccion de O. á S., hasta las tierras y dehesa llamada de Guisado: se conoce este sitio con el nombre de Cañada de los Charcos, por la que corre un arroyo que denominan Salado, el cual no merece este epíteto sino en parte de su trayecto, pues sus aguas son dulces y agradables en la mitad de su trayecto, y las utilizan en los predios inmediatos.

La Cañada de los Charcos se inclina por ámbos lados en plano suave hácia su centro, teniendo una anchura de 300 metros. Está limitada por altos montes, uno de los cuales, cubierto de olivos frondosos en la pendiente de Gatos, tiene 100 metros de altura sobre su base; el otro, no cultivado, lo pueblan jaras, lentiscos y algunas encinas seculares. Los estratos de las rocas calizas y yesosas, y las margas irisadas que los constituyen, son perceptibles, é idénticas al resto del terreno triásico y al piso saliferiano.

En el centro del valle se nota un suelo unido y tapizado de verdura, sin piedras rodadas, cuya superficie conexa, inclinándose al arroyo, presenta pequeños montecillos en forma de conos ó de volcanes truncados con rebordes salientes, borrados algunos, y cubiertos de la misma vegetacion del fondo de la cañada, excepto los arbustos, la palmera humilde, el cantueco y otras plantas, que más léjos cubren el suelo. En direccion al E. y no léjos del arroyo á uno y otro lado, se observan círculos de distinto tamaño, en forma de ombligos, desprovistos de plantas, inclinados hácia adentro y en comunicacion con el arroyo por un semi-canal estrecho, especie de cola sin vegetacion alguna; y en medio de estos círculos y de sus áridas circunferencias, se eleva un pequeño mamelon de 75° á 1^m 50^c de altura, lleno en su interior de un fango espeso y negruzco, de olor desagradable á huevos podridos, y en cuyo ápice hay una exígua cavidad con un depósito de agua turbosa y fétida, de la

que se desprenden burbujas de gases que apagan la luz, y producen al quemarse una ligera detonacion, enturbiando las aguas en blanco.

La circunferencia de estos volcanes varía de 3 metros á 16, guardando siempre relacion con el tamaño del cono. A juzgar por la anchura de la cola y su longitud, se deduce que en ciertas épocas del año, la erupcion acuosa debe ser muy abundante, pues se abre camino por un canal de 40c de ancho y 30 ó 50 metros de largo, desprovisto de plantas por la accion del líquido que por él corre.

Nótanse depósitos de sales cristalizadas, cuyo sabor es igual al de las aguas. Hay diez de estos volcanes en actividad lenta, con señales de recrudecimiento, y otros muchos borrados casi totalmente.

La especie de limo arcilloso ó de barro negruzco que forma estos montecillos, es bastante consistente y parecido á la greda, y en los extinguidos, tiene color más claro, y se pulveriza en partículas ténues y apretadas, que constituyen un suelo unido é impermeable, de superficie resbaladiza y pegajosa con las lluvias.

ÍNDICE

MINERALOGIA

GEOLOGÍA

GEOLOGÍA PROPIAMENTE DICHA

OBRAS PUBLICADAS

Flores de Invierno, por Federico de Castro, ex-Rector y Catedrático de la Universidad de Sevilla. 1 tomo, 14 rs.

El Arte Cristiano en España, por J. D. Passavant. Director del Museo de Francfort, traducido del Aleman y anotado por Cláudio Boutelou, ex-Director y Catedrático de la Escuela de Bellas Artes de Sevilla, 1 tomo, 14 rs.

Filosofía de la Muerte.—Estudio hecho sobre manuscritos de D. Julian Sanz del Rio, por Manuel Sales y Ferré.—1 tomo, 14 rs.

La Pintura en el siglo XIX, por Cláudio Boutelou. 1 tomo, 14 rs.

Historia de los Musulmanes españoles hasta la conquista de Andalucía por los Almoravides (711-1110), por R. Dozy, traducida y anotada por Federico de Castro, ex-Catedrático de Historia de España en la Universidad de Sevilla.—4 tomos, 64 rs.

Historia de la Geografía y de los descubrimientos geográficos, por Vivien de Saint-Martin, traducida y anotada por Manuel Sales y Ferré, Catedrático de Geografía-Histórica en la Universidad de Sevilla.—Con mapas intercalados en el texto.—2 tomos, 40 rs.

Estudios políticos y sociales, por Herbert Spencer, traducidos del inglés por Cláudio Boutelou.—1 tomo, 14 rs.

Libro de Agricultura, por el árabe Abu-Zacaría, seguido del «Catecismo de Agricultura» por Victor Van-Den-Broeck y de las «Conferencias agrícolas so-

bre los Abonos químicos» por Georges Ville.—2 tomos, 32 rs.

Investigaciones acerca de la Historia y Literatura de España durante la edad Media, por R. Dozy, traducidas de la segunda edicion y anotadas por Antonio Machado y Alvarez.—2 tomos, 36 rs.

El Gobierno representativo, por Jhon Stuart Mill, traducido del inglés con notas y observaciones por Siro Garcia del Mazo, Jefe de Trabajos Estadísticos de la provincia de Sevilla.—1 tomo, 18 rs.

El Cristianismo y la Revolucion Francesa, por Edgar Quinet, traducido por Siro García del Mazo. 1 tomo, 12 rs.

La verdad y el error en el Darwinismo, por Ed. de Hartmann, traducido por M. Sales y Ferré. 1 tomo, 12 rs.

Estudio de los pueblos en la Exposicion de Paris de 1878, por Cláudio Boutelou.—1 tomo, 16 rs.

El Sol, por el P. A. Secchi S. J., Director del observatorio del Colegio Romano, traducido por A. García, ex-Catedrático de Física y Química.—2 tomos, 40 rs.

Lecciones de Fisiología general y Medicina experimental, por Cláudio Bernard, traducidas por Javier Lasso de la Vega y Cortezo, Bibliotecario de la Academia de Medicina de Sevilla.—1 tomo, 14 rs.

Educacion física, intelectual y moral, por H. Spencer, traducida por Siro García del Mazo.—1 tomo, 12 rs.

El Génio de las Religiones, por Ed. Quinet, traducido por Ricardo Macías Picavea, Catedrático del Instituto de Valladolid.—1 tomo, 16 rs.

Psicología alemana contemporánea, por Th. Ribot, traducida por Francisco Martinez Conde, profesor de Psicología.—1 tomo, 14 rs.

OBRAS EN PUBLICACION

El Nihilismo, por Arnaudo, traducida del italiano por Siro García del Mazo.

Prehistoria y origen de la Civilizacion, por Manuel Sales y Ferré.

Historia política de los Papas, por Lanfrey, traducida por Manuel Sales y Ferré.

Historia antigua de Egipto, por Manuel Sales y Ferré.

El Libro de la Naturaleza.—*Botánica,* por Federico Schoedler, traducida por Antonio Machado y Nuñez.

Principios de la Moral, por Herbert Spencer, traducidos del inglés por Manuel Sales y Ferré y Siro García del Mazo,

Las Estrellas, por el P. A. Secchi, traducida por A. García.

Historia de las Bellas Artes en Sevilla, por Cláudio Boutelou.

OBRAS QUE SE HALLAN DE VENTA

EN ESTA ADMINISTRACION

Compendio razonado de Historia general, por don Fernando de Castro, continuado por Manuel Sales y Ferré.—4 tomos, 80 rs.

Resúmen de Historia general, por D. Fernando de Castro. Duodécima edicion, aumentada por Manuel Sales y Ferré.—1 tomo, 20 rs.

Resúmen de Historia de España, por D. Fernando de Castro. Duodécima edicion aumentada con la edad antigua por Manuel Sales y Ferré.—1 tomo, 12 rs.

Discurso acerca de los caractéres históricos de la Iglesia española, por D. Fernando de Castro.—4 rs.

Comentarios á la «Historia natural del Hombre» de Quatrefages, por Manuel Sales y Ferré.—Primer cuaderno, 4 rs.

El Quijote para todos, abreviado y anotado por un entusiasta de su autor. Libro de lectura para las Escuelas Normales de Maestros.—10 rs. en rústica y 12 en holandesa.

El Quijote de los niños, abreviado por un entusiasta de su autor. Libro de lectura para las escuelas.—Tercera edicion, 8 rs. en holandesa.

Catecismo de Agricultura, por Víctor Van-Den-Broeck.—1 tomo, 4 rs.

Apología de los Asnos, por un asnólogo aprendiz de poeta.—1 tomo, 4 rs.

Sistema del diluvio y del aluvion.

Terrenos cuaternarios.

151. Nos vemos obligados á reunir en un mismo grupo y bajo el nombre de *terrenos cuaternarios* las formaciones posteriores al sistema terciario, por ser imposible establecer en ellas divisiones bien distintas. En general, estarian perfectamente designadas con el nombre de *formaciones aluviales*, puesto que consisten principalmente en depósitos de aluvion, cuyos materiales fueron arrancados de la tierra firme por la accion de poderosas corrientes de aguas fluviátiles ó marinas. Los terrenos formados de esta manera reciben tambien el nombre de *diluvium*, palabra latina que significa *diluvio* ó *inundacion*. Sin embargo, además de las aguas, hubo otras causas que tomaron parte muy importante en la formacion de los terrenos cuaternarios.

En otro tiempo, esta denominacion de *diluvium* se aplicaba más especialmente á los terrenos cuyo orígen se remonta á los tiempos ante-históricos, es decir, á una época anterior á la aparicion del hombre; pero desde que se descubrieron, en capas reputadas como diluviales, restos de esqueletos humanos y de objetos fabricados por él, se dejó de separar aquellas capas del *aluvion*. Por este último término, no se entiende solamente los terrenos que en realidad son aluviones, sino todos aquellos que provienen evidentemente de las modificaciones sufridas por la corteza terrestre desde los tiempos históricos, y tambien los que se están formando hoy.

152. Hemos notado, al tratar de las plantas fósiles del sistema terciario, que el clima, que era muy cálido en su principio, se fué enfriando más y más hasta el fin del período en cuestion. Aconteció que, en en cierta época, que muchos geólogos llaman *postpliocena*, la baja de la temperatura fué tan grande que pudo formarse un nuevo elemento geognóstico, el del *hielo* ó agua congelada. Y lo más admirable es, que esta formacion parece que adquirió en poco tiempo una extension y potencia tales, que durante un período bastante largo, que se há llamado *período glacial*, la mayor parte, no solamente de Europa, sino del globo, quedó cubierta de enormes neveras.

153. Como hoy tenemos hielos con que auxiliarnos para júzgar de los fenómenos presentados y efectos causados por las inmensas llanuras y montes de hielo de este período glacial, importa estudiar en detalle lo que sobre el particular pasa á nuestra vista.

En la atmósfera fria de las montañas elevadas, el vapor de agua se precipita en estado de nieve, y ésta, por via de fusion y de regelacion, así como por consecuencia de la presion ejercida por las capas sobrepuestas, concluye por condensarse y trasformarse en una masa de hielo, que es lo que denominamos *ventisqueros*. Una nevera está ordinariamente alojada en un valle muy profundo, dónde parece descansar en una inmovilidad perfecta; pero realmente está sin cesar tendiendo á fundirse en las capas inferiores, por su contacto con la tierra, ménos fria que ella, y en su extremidad por su llegada á una atmósfera más caliente, miéntras que en su origen se refuerza siempre con masas nuevas de hielo que gravitan sobre ella y la empujan hacia adelante, de lo cual resulta que deslizándose muy lentamente, pero con movimiento contínuo, recorre en un

de 600 metros. En cambio, ocupan un espacio horizontal muy considerable, pues cubren las vastas llanuras bajas del norte y nor-este de Alemania, toda la Holanda, los valles del Rhin, del Saona y del Rhódano, la meseta de Baviera, en medio de la cuál está asentada Munich, como lo está en la provincia de Sevilla su capital sobre el terreno cuaternario de la cuenca del Guadalquivir, que se extiende hasta Extremadura: en fin, estos depósitos constituyen las fértiles llanuras de Lombardía, las estepas herbosas de Hungria, y los deltas de Sanlúcar en la desembocadura del Guadalquivir.

El valle del Rhin está relleno en casi toda su extension de una arcilla fina, margosa y arenácea, gris ó amarilla, conocida con el nombre vulgar de *lœss*, que se ha dado tambien á los depósitos semejantes que existen en otras partes. Este terreno se encuentra tambien en la cuenca del Guadalquivir, y es el que nosotros llamamos fango ó *barro*, con cuya denominacion se distingue igualmente en algunas otras regiones de España. Este lœss, limo ó fango, no se diluye ni deja arrastrar en delgadas películas por las aguas corrientes, pero éstas lo arañan ó minan su base, y hacen caer pedazos más ó ménos voluminosos; de donde resultan esas paredes verticales, en las que se observan con tanta frecuencia galerías cavadas por la golondrina de los rios, ó las pequeñas celdas de las avispas constructoras. Estas tierras dan un suelo muy fácil de labrar y extremadamente fértil.

156. Las formaciones diluviales contienen con frecuencia restos de animales, pertenecientes, ya á especies que viven en la actualidad, ya á especies extinguidas, y notablemente del período terciario. Dominan los herbívoros, de los cuales el más notable es el *mammuth* ó elefante antediluviano *(elephas primigenius)*, cuyos restos abundan en várias partes. La existencia de este

animal no parece datar de época muy remota, dado que se han encontrado ejemplares sepultados en el limo congelado de las orillas del Lena en Siberia, que conservaban todavia su carne y su pelo, y en los que se vió que este elefante estaba provisto de una crin de pelos lanudos. Tambien debemos mencionar el *rinoceronte de dos cuernos (rhinoceros tichorhinus)*, el *ciervo gigante* (megaceros hibernicus), el *oso* y la *hiena de las cavernas* (ursus spelœus, hyena spelœa).

157. En las montañas calizas se encuentran muchas grutas ó cavernas, tan ricas en estos animales que han sido llamadas *cavernas de osamentas*. Su suelo consiste en una brecha huesosa cementada por incrustaciones estalacmíticas, y compuesta de una mezcla de innumerables huesos de paquidermos, rumiantes, roedores, y sobre todo de hienas y osos. A juzgar por la cantidad y apariencia de estos restos, parece que debieron ser amontonados en esas cavernas por las aguas de aluvion. Sin embargo, como muchos de estos huesos llevan señales de dientes que los han roido, y ademas están mezclados con excrementos fósiles o *coprolithos* de hiena, es indudable que estos lugares fueron habitados un tiempo por semejantes carnívoros.

Las cavernas huesosas de más antigua celebridad son las de Muggendorf y de Gailenreuth en el Jura de Franconia, las de Baumann y de Biel en el Hartz, y las de Adelsberg en la Carniola.

158. *Edad de la Especie humana.*—Las cavernas huesosas han adquirido especial interés, tanto para la Arqueología como para la Geología, desde que se han descubierto en ellas numerosas señales, que parecen probar que el *hombre* existia yá cuando vivian aun en parte las especies animales, hoy extinguidas, que hemos mencio-

